PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

LES PROGRÈS DES SCIENCES EN 1864

ANNUAIRE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉ PAR

P. P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

PROFESSEUR DE CHIMIE AU COLLÉGE MUNICIPAL CHAPTAL, VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

A. DUMÉRIL, professeur de zoologie au Muséum d'histoire naturelle;
FARGUES DE TASCHEREAU, professeur de physique au lycée Bonaparte et au collège Chaptal;
A. GUILLEMIN; **MARGOLLE**, ancien officier de marine;
MENU DE SAINT-MESMIN, préfet général des études au collège Chaptal;
E. MORIN, professeur de géographie et d'histoire au collège Chaptal et à l'école Turgot; **A. REITOP**;
E. SAINT-EDME, préparateur de physique au Conservatoire des Arts et Métiers;
SCHWÆBLÉ, ingénieur, ancien officier d'artillerie;
Dr U. TRÉLAT, chirurgien des hôpitaux;
Ed. VIGNES, professeur suppléant d'histoire naturelle au collège Chaptal;
E. ZURCHER, ancien officier de marine.

QUATRIÈME ANNÉE

1865

1864

PARIS

CHARPENTIER, LIBRAIRE-ÉDITEUR

28, QUAI DE L'ÉCOLE

1865

Tous droits réservés.

AVERTISSEMENT

Il ne faut pas demander à l'année qui finit une de ces découvertes capitales dont le brillant éclat sert, pendant un long espace de temps, de guide aux chercheurs. Le mouvement scientifique, en 1864, a un autre caractère : le domaine de la science a plus gagné en étendue qu'en profondeur ; si on n'a pas conquis de provinces nouvelles, on a rallié autour de soi un peuple nombreux, et si peu de faits nouveaux sont venus s'ajouter à l'ensemble de nos connaissances, un public curieux s'est pressé à toutes les solennités scientifiques qui se sont succédé depuis une année. Pour rendre manifeste le sourd travail qui mine l'indifférence, il ne fallait qu'une occasion : les conférences de la Sorbonne, les soirées de l'Observatoire, de l'École de médecine, du Conservatoire des arts et métiers, l'ont fournie ; elles ont montré que l'armée scienti-

fique s'est recrutée d'un nombre considérable de volontaires désireux de suivre les péripéties du combat engagé contre l'inconnu, et tout prêts à encourager de leurs applaudissements les grands coups qui seront portés.

Sans doute, l'homme de science, amoureux de son œuvre, se soucie médiocrement de ces succès un peu bruyants. Les suffrages de quelques esprits d'élite et la suprême et intime joie de la réussite suffisent à l'encourager; il ne peut rester cependant indifférent aux efforts que fait le public pour le suivre dans sa marche en avant, et il doit être touché de l'affluence qui se presse autour de sa parole.

Beaucoup, sans doute, se rebuteront; et quand la mode, entraînant cette année à ces conférences une foule un peu mêlée, aura détourné les frivoles, on trouvera que bien des curiosités sont calmées, et que nombre d'enthousiasmes sont éteints. Cette agitation, cependant, est salutaire. Si André del Sarte a senti s'éveiller en lui l'amour de la peinture à la vue d'un tableau, si le récit d'un voyage, d'un combat, a pu remuer le cœur d'un jeune homme et l'a lancé dans les pénibles sentiers de l'explorateur ou dans les hasards de la bataille, l'exposé d'une grande découverte, la vue d'une brillante expérience, pourront de même révéler une vocation qui s'ignore, et décider des jeunes courages à s'engager résolûment sur la trace des grands génies qu'ils entendent célébrer. Ces nombreuses réunions. dont la science est l'occasion, ont encore un autre avantage : elles peuvent faire naître, dans l'esprit de tous ceux qui utilisent à un degré quelconque la

connaissance des lois naturelles, d'heureuses applications. Sans doute les inventeurs ont des chemins détournés, ils fuient les routes frayées; mais il est utile, cependant, de leur faire connaître ces grands chemins de l'esprit, les méthodes scientifiques qui conduisent sûrement au but ceux qui s'y confient.

Ce n'est pas seulement en France que l'élan est donné; en Angleterre, le mouvement des esprits vers la science est encore plus prononcé : on ne se contente pas, comme on le fait ici, de parcourir une galerie d'instruments; on étudie et on discute les questions les plus importantes qu'il soit donné à l'homme d'aborder. Avec M. Darwin, M. Lyell, on recherche l'origine des espèces et l'antiquité de l'homme, et les savants n'hésitent pas à aborder devant un public sans doute déjà bien préparé les questions les plus hautes et les plus nouvelles. — Tandis qu'en France, en 1862, la théorie mécanique de la chaleur n'était encore exposée que devant un public choisi, en Angleterre, elle faisait le sujet de douze leçons aussi remarquables par la clarté et l'élégance de la parole que par la variété des expériences. Ces belles leçons de M. Tyndall ont eu cette année, en France, un succès mérité, et elles nous auraient décidé à revenir encore une fois sur l'exposé de la transformation des forces, et sur cette grande idée que tout le mouvement qui s'agite sur la terre dérive du soleil, si les travaux importants de MM. Tresca et Laboulaye sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur n'avaient encore rappelé l'attention des sa-

vants sur ce sujet important; si, dans notre travail : *Chaleur solaire et forces terrestres*, le lecteur retrouve quelques-unes des idées qui lui ont été présentées déjà les années précédentes, l'importance capitale du sujet sera notre excuse de l'avoir traité encore une fois.

Le chapitre de *l'Annuaire* consacré à l'astronomie renferme une étude importante sur la variabilité des nébuleuses, de ces amas d'étoiles qui semblent des mondes en préparation; on retrouvera dans ce travail la profonde érudition, soigneusement dissimulée, qui caractérise tous les travaux de M. Guillemin. Notre collaborateur a bien voulu extraire du beau livre qu'il vient de publier, *le Ciel*, les gravures sur lesquelles sont figurées les nébuleuses les plus curieuses. Quelques pages sur le singulier aérolithe du 15 mai complètent ce chapitre. Les leçons professées cet hiver devant la Société chimique de Paris, par M. H. Deville, sur l'action des hautes températures; les expériences de M. Th. Graham sur les mouvements moléculaires des gaz; les travaux de M. J. Janssen et Houzeau sur l'analyse spectrale appliquée à l'étude de l'atmosphère, et sur la variabilité des propriétés de l'air que nous respirons, sont réunis dans le chapitre consacré à la chimie.

Depuis plusieurs années M. Élie de Beaumont entretient l'Académie de l'application sur le sphéroïde terrestre d'un *réseau pentagonal* comprenant les principaux accidents que présente la croûte de notre planète, et nous n'avons pas dû plus longtemps passer sous silence ce travail capital. La connaissance des profondeurs de l'océan, im-

portante au point de vue de la télégraphie transatlantique; l'étude des hautes régions de l'atmosphère, que les voyages aériens tendent chaque jour à éclairer, nous ont ensuite préoccupé. M. Margollé et M. Zurcher ont bien voulu nous prêter leur concours pour ces deux questions importantes de physique du globe. — M. A. Duméril a réclamé, dans son article sur les vivisections, les droits de la science, que des philosophes anglais, plus tendres qu'éclairés, avaient trop méconnus. M. Vignes nous fait ensuite assister, d'après les travaux encore récents de M. van Beneden, aux péripéties de la vie aventureuse des vers parasites qui prennent successivement plusieurs formes pour aller habiter différents hôtes et y acquérir tout leur développement.

Nous nous sommes réservé la question capitale qui, cette année, a eu le plus de retentissement, a soulevé le plus de discussions, les *générations spontanées;* les lecteurs de la *Revue contemporaine*, dans laquelle cette étude a paru récemment, savent déjà que nous avons essayé de présenter les deux opinions sans nous prononcer encore, et qu'à notre avis, pas plus aujourd'hui que du temps de Lucrèce, pas plus qu'au dix-huitième siècle, après la discussion fameuse de Needham et de Spallanzani, la solution n'est encore irrévocablement établie; elle touche cependant de trop près à cette immense inconnue, l'origine de la vie sur la terre, pour ne pas préoccuper toujours les esprits élevés, et ne pas mériter un examen attentif et détaillé.

Les travaux exécutés au chemin de fer qui traverse les Pyrénées ont été étudiés par notre fidèle collaborateur M. Menu de Saint-Mesmin. M. Schwæblé, ancien élève de l'École polytechnique, s'est chargé de traiter la question délicate de la ventilation des théâtres et des hôpitaux. — M. Fargues de Taschereau, notre collègue au collége Chaptal, et M. Saint-Edme, se sont partagé le chapitre de la physique appliquée : l'un a résumé les titres du vainqueur au concours ouvert par l'Empereur pour récompenser les découvertes en électricité; l'autre nous a tenus au courant des progrès qu'ont accomplis les arts physiques et chimiques pour créer de brillantes lumières, véritables soleils artificiels qui sont appelés à rendre des services de plus en plus nombreux et variés. Le propre de la science est de trouver partout un sujet d'étude, et un procès célèbre nous avait invité déjà à indiquer les derniers progrès de la toxicologie et de la médecine légale, quand l'important Mémoire de M. Ch. Bernard sur les alcoloïdes de l'opium est venu donner au triste sujet que nous nous étions résignés à aborder un véritable intérêt scientifique. Si, en effet, les poisons sont trop souvent des instruments de crime, si ce sont des médicaments héroïques dont l'emploi est parfois dangereux, ils fournissent au physiologiste des réactifs délicats pour isoler les diverses parties de la machine animale, et ils conduisent, entre les mains de M. Claude Bernard, aux résultats les plus curieux et les plus dignes d'intérêt. Nous avons donc, dans notre travail sur les poisons végétaux, résumé quelques-unes des brillan-

tes leçons que M. Bernard professait naguère au Collége de France.

Nous voulons connaître notre planète dans tous ses détails; il nous faut non-seulement déterminer la direction des montagnes, l'âge de leur apparition, sonder la profondeur des mers, nous élever au-dessus des nuages, nous voulons aussi parcourir les continents et ne pas laisser de points où la science n'ait mis le pied; la découverte des sources du Nil était un événement trop capital pour que nous hésitions à en entretenir le lecteur; cette tâche a été dévolue à notre collègue au collége Chaptal, M. Ernest Morin.

M. le docteur U. Trélat, professeur agrégé à l'École de médecine et chirurgien des hôpitaux, a bien voulu, cette année, s'unir à nous, et apporter une saine critique dans une question fort obscure, la régénération des os par la conservation du périoste. Nous aurions hésité à nous charger nous-même de rendre compte ici des travaux de M. le docteur Marey sur les mouvements du cœur et du pouls, si en réalité M. Marey n'était autant physicien que médecin, si par conséquent nous ne nous étions senti à l'aise au milieu de ses appareils, qui donnent à l'étude de la physiologie un remarquable caractère de précision.

En finissant l'an dernier, nous avions à pleurer la mort subite de notre ami d'enfance, de notre collaborateur, Émile Lamé; cette année encore nous terminons ce rapide aperçu par un triste souvenir. — Il y a bientôt un an, nous avons eu la douleur de perdre notre maître et ami, Émile Baudement, professeur de zoologie au Conservatoire des arts et

métiers. Depuis longtemps, nous voulions parler aux lecteurs de *l'Annuaire* des travaux consciencieux qu'il avait accumulés sur les races d'animaux domestiques : l'abondance des matières nous en avait empêché ; aujourd'hui nous ne pouvons plus reculer, et nous sommes heureux de payer notre dette à la reconnaissance et à l'amitié en consacrant nos dernières pages à ces travaux qui, pendant dix ans, nous avaient rapprochés.

PIERRE-PAUL DEHÉRAIN.

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES PURES

ASTRONOMIE

I

L'AÉROLITHE D'ORGUEIL

Si, malgré ses crimes, Tantale nous inspire encore quelque pitié, c'est que nous sentons par notre propre exemple combien l'impuissance est cruelle, combien il est pénible de ne pouvoir atteindre ce qui semble s'offrir à nous.

A chaque pas l'univers nous pose des problèmes que nous sommes impuissants à résoudre, et nous ne pouvons jeter les yeux sur la nuit étalant sa robe bleue, couverte d'étoiles scintillantes, sans reconnaître en baissant la tête que nous ignorons presque tout de ce monde infini dans lequel se perd notre petitesse.

De temps à autre, cependant, nous y glanons quelques vérités; l'admirable découverte des chimistes d'Heidelberg nous a donné, il y a quatre ans, une première notion sur la composition du soleil; nous savons aujourd'hui qu'il existe dans cet astre des matières analogues à celles qui forment la terre; les métaux communs ici-bas sont aussi répandus dans le globe immense qui nous donne la lumière, la chaleur et le mouvement. — Ce sont encore ces métaux qui forment en général les aérolithes, ces pierres cu-

rieuses qui de temps à autre traversent rapidement notre atmosphère et tombent en morceaux à la surface du globe ; on n'a jamais rencontré dans ces débris de monde, dans ces astres errants qui, lassés de leur course vagabonde, viennent associer leur fortune à la nôtre, aucun élément nouveau.

Quelquefois les aérolithes sont de véritables pierres rocheuses, mais plus souvent ce sont des fragments métalliques formés surtout de fer et de nickel ; l'abondance avec laquelle on les rencontre dans les régions désertes fait supposer qu'elles n'ont disparu peu à peu des pays qui en sont privés que parce qu'elles offraient aux hommes une matière facile à travailler et précieuse par ses emplois ; en déterminant la composition chimique de couteaux acquis d'une peuplade d'Esquimaux, le docteur Wollaston y découvrit du nickel et en conclut avec raison que le métal qui avait servi à leur fabrication provenait d'un aérolithe ; car il est très-rare de trouver dans nos mines terrestres ce métal associé au fer. Si donc aujourd'hui l'attention du public est vivement excitée par ces brillants phénomènes, c'est moins dans l'espérance d'y rencontrer quelques substances nouvelles que dans l'espoir d'avoir quelque indication sur l'état des mondes qui nous entourent, et sur lesquels l'astronomie nous donne encore si peu de détails. Les planètes sont-elles habitées? Existe-t-il par delà les étoiles des êtres vivants animés des mêmes passions, des mêmes désirs que nous? Sommes-nous seuls dans le monde?... Ou bien, ne faisons-nous qu'un atome dans l'univers intelligent comme notre petite terre n'est qu'un point dans l'univers matériel? — C'est là notre supplice de Tantale ; ce sont là ces connaissances qui nous échappent et que notre main ne peut saisir ! Eh bien, cependant, l'aérolithe du 14 mai est venu, sur ce sujet, nous dire une partie du secret que nous désirons tant pénétrer. Oui, il existe dans l'univers un astre, une planète habitée... au moins par des végétaux analogues à ceux qui existent ici-bas. Que cela? diront les impatients. C'est beaucoup, cependant, et cet astre qui est venu si étourdiment tomber ce printemps en Aquitaine, mérite qu'on lui accorde une attention spéciale.

Le 14 mai 1864, à huit heures, on vit depuis Gisors et Paris, jusqu'aux Pyrénées, un brillant météore passer rapidement de l'ouest à l'est ; les habitants de Montauban et d'Agen, privilégiés, l'aperçurent presque directement au-dessus d'eux s'élançant silencieusement

vers l'est ; la masse lumineuse, qui paraissait avoir un diamètre égal à celui de la lune, se brisa bientôt en fragments, des myriades d'étincelles semblables aux gerbes d'un feu d'artifice s'élancèrent de tous côtés, puis tout disparut, et un nuage blanc, immobile, semblait rester le seul vestige de ce brillant phénomène évanoui, quand une violente détonation, semblable au bruit de plusieurs pièces d'artillerie ou au roulement formidable du tonnerre, vint assurer aux spectateurs, à peine revenus de leur surprise, qu'ils n'avaient pas été dupes d'une rapide illusion.

Il peut paraître difficile au premier abord de fixer la route qu'a dû suivre ce météore disparu presque aussitôt son arrivée ; on conçoit cependant que, pendant sa course rapide, le bolide a décrit une ligne qui, pour un premier observateur, sembla couper quelques-unes des constellations qui brillaient au ciel au moment du phénomène ; si donc par la pensée on mène une ligne de l'œil de l'observateur jusqu'à chacune des étoiles devant lesquelles le bolide a passé, puis qu'on suppose toutes ces lignes rejointes les unes aux autres par d'autres lignes transversales s'appuyant sur elles, on construira une sorte de surface immense, un éventail gigantesque légèrement convexe sur lequel roulait le bolide pendant sa course rapide. Cette première indication, toutefois, est insuffisante, car si elle donne la direction de l'aérolithe, si elle indique la surface sur laquelle il a dû se mouvoir, elle ne donne pas les points par lesquels il a dû passer ; il faut, pour les déterminer, qu'un second observateur, placé en une localité différente de celle où a eu lieu la première observation, ait vu encore le bolide passer devant une série d'étoiles différentes de la première ; les lignes menées de son œil à ces étoiles constitueront un second éventail, un second réseau sur lequel l'aérolithe a dû se mouvoir ; ces deux éventails, obliques l'un par rapport à l'autre, se couperont certainement, et le bolide ayant dû courir sur l'un et sur l'autre, aura forcément passé à leur point de réunion, à leur ligne d'intersection qui donnera ainsi sa direction. C'est en discutant les nombreuses observations envoyées du Lot-et-Garonne à M. Daubrée, professeur de géologie au Muséum, que M. Laussedat [1] est arrivé à calculer la direction de l'aérolithe qui passe tout près de

[1] *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. LVIII, p. 932, 1100, etc.

Nérac, laisse Agen un peu au nord, en continuant au-dessus d'Astaffort, et se termine enfin au sud de Montauban dans un triangle compris entre les petits villages d'Orgueil, de Nehic et de Grisolles. La vitesse du bolide était énorme, et telle que nous ne pouvons ici bas nous en faire aucune idée : il parcourait 20 kilomètres à la seconde. Nous pensons aller vite avec un train express qui met au moins 30 minutes pour aller à Saint-Germain : ce train va 180 fois moins vite que l'aérolithe; si un train était parti de Paris en même temps que l'aérolithe d'Orgueil, en admettant qu'il conservât la vitesse qu'il avait pendant le peu d'instants qu'on l'a observé, il serait arrivé à Constantinople quand notre express aurait gagné Corbeil ou Lagny.

D'après les calculs que nous avons indiqués, l'aérolithe d'Orgueil était à une hauteur de 40 à 45 kilomètres au-dessus de la surface de la terre; son diamètre avec son atmosphère enflammée paraissait être de 400 à 500 mètres ; aussi les habitants de Nérac et de Montauban pouvaient-ils être en proie à la plus vive terreur en voyant cette masse énorme suspendue au-dessus de leur tête. Leur crainte était vaine cependant : quand, après la formidable explosion qui mit fin au phénomène, on chercha de toutes parts les vestiges de cette masse terrible, on trouva quelques décimètres cubes de matière, une cinquantaine de petites pierres noires, cause ridicule de ce grand tapage.

Comment ce monstre, d'apparence terrible, était-il si mesquin ? Comment, étant si petit, paraissait-il si énorme ? C'est que sans doute il était entouré d'une masse de flamme considérable ; arrivant dans notre atmosphère avec une vitesse énorme, rencontrant sur son chemin l'air qu'il comprime avec une force considérable, cet aérolithe s'est rapidement échauffé jusqu'à la température du rouge blanc, et flambant de tous côtés, il a continué sa course insensée jusqu'au moment où, comprimé violemment par la pression qu'exerçaient sur lui les couches d'air de plus en plus denses à mesure qu'il s'approchait de la surface de la terre, il ait volé en éclats, comme se brise une pierre lancée fortement contre une muraille. L'intensité de la détonation qui se fit entendre quelques instants après la rupture du bolide nous montre encore combien devait être grande la vitesse dont il était animé ; on sait qu'à une hauteur considérable l'air raréfié ne transmet plus les sons que fort amoindris : un pistolet ne fait pas plus de bruit qu'un fouet ;

or, tous les témoins comparent la détonation à celle de plusieurs pièces de canon, et cependant l'espace de temps qui s'est écoulé entre le moment où l'on vit le bolide se briser, et celui où le son fut entendu, annonce que l'explosion avait lieu à une hauteur de 25 kilomètres à peu près.

Les morceaux de l'aérolithe d'Orgueil sont actuellement réunis dans la galerie du Muséum d'histoire naturelle; ils présentent, malgré leur petitesse, un très-grand intérêt : ce ne sont plus des masses ferrugineuses, comme la plupart des aérolithes que renferme la riche collection de la galerie de minéralogie, ce sont de petites pierres carbonées, se dilatant dans l'eau avec une grande facilité, et qui n'ont subi qu'à la surface une température élevée. Outre plusieurs minéraux analogues à ceux qu'on trouve sur la terre, l'aérolithe d'Orgueil renferme une matière qui présente une composition tout à fait semblable à celle de la tourbe. C'est là le point essentiel, capital, qui s'est déjà présenté une première fois et qui a été signalé par M. Wœhler, l'illustre chimiste de Gœttingen, pour une autre pierre météorique. L'aérolithe d'Orgueil, analysé avec un soin scrupuleux par M. Cloëz[1], aide au Muséum, renferme donc une substance noire dont la composition, comparée à celle de la tourbe de la vallée de la Somme, à celle de la matière noire séparée du sable des Landes, ou à celle d'un lignite, s'est trouvée presque identique, ainsi que le démontrent les chiffres suivants :

Après sa dessication à 110° la substance hulmique de l'aérolithe d'Orgueil renferme pour 100 parties :

Carbone.	63.45
Hydrogène.	5.98
Oxygène.	30.57
	100.00

Tandis qu'on trouve à divers produits d'origine terrestre la composition suivante :

	TOURBE DE LONG VALLÉE DE LA SOMME.	LIGNITE DE LINGKUHL PRÈS DE CASSEL.	MATIÈRE NOIRE SÉPARÉE DU SABLE DES LANDES.
Carbone.	60.06	66.50	60.40
Hydrogène.	6.21	5.83	5.65
Oxygène.	33.75	28.17	33.65
	100 00	100.00	100.00

[1] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 37.

On a pu séparer de l'aérolithe d'Orgueil de l'eau qu'a chassée une température de 200°, de l'eau qui était donc combinée avec la matière elle-même, qui ne provenait pas de l'humidité de la terre sur laquelle les pierres étaient tombées, car celle-ci a pu être volatilisée à 100° seulement. — L'aérolithe d'Orgueil renfermait encore du sel ammoniac, matière très-volatile, et des silicates, du soufre, du fer, etc., enfin une trace de nickel, comme pour témoigner de sa nature aérienne. — On ne doit pas s'étonner de rencontrer de l'eau et des matières volatiles dans une pierre qui a subi cependant une température du rouge blanc, car cette chaleur excessive n'a été maintenue que pendant un temps très-court, et si la superficie des pierres a été frittée, fondue, desséchée par conséquent, la masse intérieure est restée préservée : elle devait être, au moment où elle est tombée à la surface du globe, à la température même des espaces célestes ; et ce sera peut-être en étudiant le degré de froid que possèdent ces aérolithes pierreux qu'on pourra constater physiquement quelle est la basse température de ces régions à jamais inaccessibles à nos moyens ordinaires d'investigation.

Pour en revenir à l'aérolithe d'Orgueil, nous disons donc qu'il renferme une matière tourbeuse.

Mais la tourbe se forme par la décomposition, au sein de l'eau, des végétaux? Oui, sans doute. — Alors, l'aérolithe d'Orgueil provient d'un globe où existe de l'eau et des végétaux semblables aux nôtres. — Tout porte à le croire. — Eh bien, sur ce globe, sur cette terre, il y a vraisemblablement aussi des animaux, des hommes peut-être ! — N'allons pas trop vite, s'il vous plaît! l'imagination, la folle du logis, a droit d'inventer tout ce qu'il lui plaît ; mais la raison, sévère et rigide, la doit morigéner et regarder en soupirant les écarts de sa compagne qui lui sont interdits.

P. P. Dehérain.

II

DE LA VARIABILITÉ ET DE LA DISPARITION DES NÉBULEUSES

I

Classification des nébuleuses en nébuleuses résolubles et en nébuleuses irréductibles; opinion de W. Herschel. — Hypothèse de la matière nébuleuse; ses évolutions. — Génération des étoiles.

Toutes les personnes qui s'intéressent directement ou indirectement aux sciences d'observation, savent aujourd'hui ce qu'on entend par *nébuleuses*. Ce sont des taches diffuses, ayant l'apparence de petits nuages lumineux, mais brillant d'une lueur douce et pâle sur le fond de la voûte étoilée. Quelques-unes de ces nébulosités ont une forme bien arrêtée et le plus souvent arrondie. D'autres n'ont pas de contours bien précis, s'étendent et se fondent sur de plus larges espaces. Un très-petit nombre sont visibles à l'œil nu; parmi ces dernières, j'en citerai deux seulement, faciles à reconnaître au milieu des constellations de notre ciel boréal. L'une d'elles, située dans Andromède, et tout près de Cassiopée, passe non loin de notre zénith le 22 septembre à minuit. Sa orme ovale, sa lumière concentrée permettent aisément de la distinguer. Elle est célèbre, du reste, comme étant la première nébuleuse signalée aux astronomes par un savant allemand du dix-septième siècle, Simon Mayer ou Marius. L'autre nébuleuse se voit dans l'Écrevisse, entre les étoiles *Gamma* et *Delta* de cette constellation, étoiles qu'on nomme aussi les *Deux ânes;* elle est connue sous le nom de la *Crèche* ou de *Præsepe*.

Du reste, ce qui peut donner tout aussi bien aux vues faibles l'idée de l'aspect que présentent les nébuleuses, c'est la voie lactée, dont l'immense ceinture embrasse le ciel entier. Dans les points même de cette vaste zone où les petites étoiles sont accumulées par milliers, et, sans se laisser percevoir distinctement, donnent néanmoins l'idée d'un scintillement lumineux, l'œil reconnaît la présence d'un fond nébuleux, d'une lueur confuse,

sorte de voile qui nous dérobe les dernières profondeurs du ciel. Telle est aussi l'apparence des nébuleuses particulières les plus circonscrites.

Laissons de côté, pour le moment, toute classification des nébuleuses selon l'éclat, la forme ou les dimensions ; disons tout de suite qu'examinées au télescope, ces curieux objets des espaces célestes se distinguent en deux catégories, au premier abord très-différentes. Les deux nébuleuses, visibles à l'œil nu, que nous avons citées plus haut, vont nous donner précisément un échantillon de chacune de ces catégories.

Prenons une lunette astronomique d'une assez faible puissance. Braquons-la sur la nébuleuse de l'Écrevisse, sur la Crèche. Tout aussitôt nous serons frappé de cette circonstance, que la lueur, tout à l'heure confuse à l'œil nu, s'est éparpillée en un certain nombre de points lumineux distincts, en autant d'étoiles. On dit que la nébuleuse est décomposée ou résolue ; c'est une *nébuleuse résoluble.*

Servons-nous du même instrument pour examiner la nébuleuse d'Andromède. L'apparence sera bien différente. La forme de la nébulosité sera sans doute mieux définie, la condensation de la lumière au centre plus marquée, mais on n'apercevra aucune trace d'étoile. Une lunette plus puissante ne donnera pas d'autre résultat : la nébuleuse « ressemble alors — ce sont les expressions de Simon Marius — à la lumière d'une chandelle vue de loin à travers une feuille de corne transparente. » Les nébuleuses, que les instruments les plus puissants ne peuvent décomposer en étoiles, sont ce qu'on nomme des *nébuleuses irréductibles.*

Aussitôt cette distinction faite, se posa une question importante : y a-t-il une différence essentielle entre les deux catégories de nébuleuses ? Les nébuleuses non résolues doivent-elles être toutes considérées comme des amas d'étoiles, dont les composantes sont on trop éloignées ou trop petites pour être perceptibles dans les télescopes actuels, mais que les perfectionnements des instruments permettront de décomposer un jour ? Ou bien, sont-ce des amas d'une matière diffuse, véritablement nébuleuse, brillant d'une lumière qui lui est propre ? S'il en était ainsi, les nébuleuses irréductibles auraient une structure essentiellement distincte de celle des amas stellaires ou nébuleuses résolubles ?

W. Herschel, qu'il faut citer toutes les fois qu'il s'agit d'observations ou de spéculations sur un point important de l'astronomie sidérale, crut d'abord qu'il n'y avait entre les deux classes de nébuleuses aucune différence de structure ; un éloi-

Fig. 1. — Nébuleuse d'Andromède[1].

gnement beaucoup plus considérable suffisait, selon lui, pour expliquer l'impossibilité où se trouvaient les astronomes de con-

[1] Cette figure est extraite, ainsi que les trois suivantes, d'un ouvrage intitulé *le Ciel*, que l'auteur de cet article vient de publier à la librairie Hachette.

stater la nature stellaire des nébuleuses irréductibles. Mais l'illustre astronome de Slough revint de cette première manière de voir ; des observations plus complètes et de plus longues méditations l'amenèrent à adopter l'opinion opposée, celle qui admet l'existence, dans les profondeurs de l'espace, d'une matière *sui generis*, diffuse, brillant d'une sorte de lumière phosphorescente qui lui est propre, et d'ailleurs inégalement condensée. Deux espèces de nébuleuses lui semblèrent surtout affecter cette structure : ce sont les grandes nébuleuses à formes irrégulières ou mal définies, telles que la nébuleuse du Baudrier d'Orion, ou encore certaines parties de la voie lactée ; puis, des nébulosités que leur forme circulaire, au centre de laquelle on remarque une étoile, a fait nommer étoiles nébuleuses. Il y avait, du reste, chez les astronomes contemporains d'Herschel, une tendance à adopter l'hypothèse d'une matière nébuleuse diffuse.

En parlant des nébuleuses d'Andromède et d'Orion, Halley[1] dit : « En réalité, ces taches ne sont rien autre chose que la lumière venant d'un espace immense situé dans les régions de l'éther, rempli d'un milieu diffus et lumineux par lui-même. »

Sans pouvoir exprimer bien nettement les caractères qui distinguent la lumière des nébuleuses stellaires de celle des nébuleuses diffuses, ils s'accordent à trouver à celle-ci un aspect tout particulier, indéfinissable, et que J. Herschel a essayé de dépeindre dans les lignes suivantes : « Dans toutes les nébuleuses résolubles, l'observateur remarque, quelle que soit la puissance de l'instrument employé, des élancements stellaires, ou du moins il croit sentir qu'on les apercevrait si la vision devenait plus nette. La nébuleuse d'Orion produit une sensation toute différente, elle ne fait naître aucune idée d'étoiles. » Nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de la valeur de cette distinction, longtemps adoptée par les astronomes, dont l'opinion fait le plus autorité.

J'ai dit que W. Herschel, en adoptant l'hypothèse de la matière diffuse pour certaines nébuleuses, ne l'étendait pas à toutes les nébuleuses irréductibles. « Il est extrêmement probable, disait-il dans son Mémoire de 1818, que quelques-unes des nébuleuses de forme cométaire, plusieurs des nébuleuses planétaires, et un nombre considérable d'étoiles nébuleuses, sont

[1] Cité par Arago, Notice sur W. Herschel.

des amas déguisés d'étoiles, plongées dans l'espace à de telles profondeurs, que la puissance des instruments n'a pu jusqu'ici les décomposer.

Maintenant, arrêtons un instant notre attention sur l'importance de l'hypothèse précédemment exposée, et qu'on connaît en astronomie sous le nom d'hypothèse nébuleuse (*nebular hypothesis*).

L'étude du monde sidéral avait démontré l'identité des étoiles avec notre Soleil, de sorte que chaque point lumineux brillant dans les profondeurs du ciel nous révèle l'existence d'un système simple analogue au système planétaire, et sans doute composé, comme lui, outre l'étoile centrale, d'une série de corps célestes semblables aux planètes, à leurs satellites et aux comètes.

De plus, il existe un grand nombre d'autres systèmes formés de deux, de trois et même d'un plus grand nombre de soleils liés entre eux par des mouvements réciproques effectués suivant les lois qui régissent les mouvements des corps du monde solaire : nous avons vu, dans notre précédente étude sur la *Gravitation dans les systèmes stellaires*[1], que le nombre de ces groupes connus sous la dénomination d'étoiles doubles, ou multiples, est d'environ six mille, parmi lesquelles plus de six cents forment des systèmes reconnus.

Ce n'est pas tout, les amas globulaires ou sphériques, les nébuleuses résolubles accusent l'existence de systèmes bien plus vastes encore, dans lesquels des milliers d'étoiles sont rassemblées en agglomération, dont le centre paraît être le siége des forces prépondérantes qui gouvernent l'ensemble.

On pourrait aller, on est allé plus loin encore : il est prouvé que la voie lactée, par exemple, est composée non pas seulement d'un grand nombre d'étoiles disséminées entre deux plans à peu près parallèles, mais qu'elle est surtout formée d'une multitude d'amas dont les télescopes découvrent les composantes, et de nébuleuses de formes diverses jusqu'à présent irréductibles. Telle est encore la composition des Nuées de Magellan, formées d'un grand nombre d'étoiles, d'amas stellaires et de nébuleuses.

Dans cette variété prodigieuse de systèmes, quel est l'élément, la molécule fondamentale? L'étoile, c'est-à-dire le soleil, ou, si l'on veut, un système semblable au nôtre, formé de corps célestes

[1] V. la 3e année de l'*Annuaire scientifique*.

nettement définis, les uns lumineux par eux-mêmes, les autres opaques, et ne brillant que d'une lumière réfléchie.

Eh bien, l'hypothèse nébuleuse ajoute un élément nouveau, bien différent, du moins sous sa forme actuelle, de tout ce que l'astronomie avait pris jusque-là pour base, pour corps de ses observations.

Déjà, il est vrai, les comètes témoignaient irrécusablement de l'existence des masses gazeuses ou vaporeuses circulant dans l'espace à des degrés de concentration divers ; mais, outre qu'il ne paraît pas que la matière cométaire soit lumineuse par elle-même, il y a loin de ces astres secondaires aux grandes masses permanentes qui s'étendent dans le ciel sur des espaces dont les dimensions dépassent tout ce que l'imagination peut concevoir.

On a bien aussi assimilé l'anneau nébuleux qui entoure le soleil et produit l'apparence de la lumière zodiacale aux nébulosités sidérales. Mais tout au plus expliquerait-on ainsi les étoiles nébuleuses, dans lesquelles un point lumineux paraît entouré d'une atmosphère immensément étendue.

Les grandes nébuleuses irrégulières, comme la nébuleuse d'Orion et celle qui entoure l'étoile Hêta du Navire, échappent à toute comparaison avec les nébulosités aperçues jusqu'ici dans le domaine de notre monde solaire.

Dès que l'hypothèse d'une matière diffuse parut sérieusement acceptée, « il fut bien entendu, dit Arago, que les étoiles, les planètes, les satellites, les comètes, n'étaient pas les seuls objets sur lesquels les investigations des astronomes dussent se porter. La matière céleste, non condensée, la matière céleste plus voisine, si l'expression m'est permise, de l'état élémentaire, ne parut pas moins digne d'attention, et s'offrit aux esprits empreints de quelque philosophie comme une source féconde de découvertes. »

En étudiant avec détail les masses nébuleuses irréductibles et irrégulières, on s'aperçut que la lumière est loin d'y être uniformément répartie. Çà et là, des points plus brillants se détachent sur le fond nébuleux, et indiquent, selon toute probabilité, des condensations de la matière composante. De là, à supposer que cette condensation était due aux effets d'une force attractive analogue à celle qui régit les mouvements des autres corps célestes, il n'y avait qu'un pas. Ce pas fut franchi. On considéra les nébuleuses diffuses comme d'immenses laboratoires où peu à peu la matière

primitive, obéissant aux lois de condensation, se divise en une série de centres distincts qui, à la longue, se transforment en étoiles. Voici comment Arago expose le développement de ces évolutions successives :

« Çà et là, la disparition de la lueur phosphorescente, la naissance de solutions de continuité, de *déchirures* dans le rideau lumineux primitif, résultat nécessaire du mouvement de la matière vers les centres attractifs ;

« L'agrandissement des déchirures, c'est-à-dire la transformation d'une nébuleuse unique en plusieurs nébuleuses distinctes, peu distantes les unes des autres et liées quelquefois par des filets de nébulosité très-déliés ;

« L'*arrondissement* du contour extérieur des nébuleuses séparées ; une augmentation plus ou moins rapide de leur intensité de la circonférence au centre ; la formation à ce centre d'un noyau très-apparent soit par les dimensions, soit par l'éclat ;

« Le passage de chaque noyau à l'état stellaire avec la persistance d'une légère nébulosité environnante, enfin, la précipitation de cette dernière nébulosité, et, pour résultat définitif, autant d'ÉTOILES qu'il y avait, dans la nébuleuse originaire, de centres d'attraction distincts. »

Cette conception grandiose nous faisait donc assister à la formation des mondes, à la naissance des soleils. Et, en effet, si l'observation ne pouvait suivre, faute de temps, ces évolutions sur une même nébuleuse, — qui sait si elles n'exigent point des milliers, des millions d'années, — du moins on constatait leur marche et leurs progrès dans l'ensemble des nébuleuses. « N'est-ce pas ainsi, dit encore Arago, qu'opère le naturaliste quand il est forcé de décrire, pour tous les âges, le port, la taille, les formes, les apparences extérieures des arbres composant les forêts qu'il traverse rapidement ? Les modifications qu'un très-jeune arbre éprouvera, il les aperçoit d'un coup d'œil, nettement, sans aucune équivoque, sur les pieds de la même essence arrivés déjà à des degrés de croissance et de développement plus complet. »

L'hypothèse était d'une hardiesse que justifie sans doute la grandeur majestueuse des phénomènes. Voyons si les récentes recherches de l'astronomie contemporaine ne portent point à cette théorie de sérieuses atteintes.

II

Progrès récents dus aux grands instruments d'optique; résolution des nébuleuses regardées jusqu'ici comme irréductibles. — Travaux de P. G. Bond, de lord Rosse. — Constitution stellaire des nébuleuses d'Andromède, d'Orion, du Chien de chasse, de la Lyre et du Renard. — Infirmation de la théorie de la matière nébuleuse.

Les progrès de la science se font tout aussi bien par voie d'élimination des idées fausses, des hypothèses hasardées ou incomplètes, que par l'acquisition positive de vérités ou de faits nouveaux. A la vérité, ce sont toujours de nouvelles observations qui viennent rectifier les idées qu'on s'était fait d'abord sur un point donné, les théories imaginées pour expliquer les faits antérieurs. Souvent même il résulte des recherches successives une oscillation singulière de l'opinion des savants autour d'une hypothèse admise d'abord, puis abandonnée, et reprise enfin, quand elle se trouve appuyée sur des bases plus solides.

C'est ce que nous allons constater pour l'hypothèse de la matière nébuleuse ou diffuse.

Imaginée dès l'origine par les observateurs des premières nébuleuses sans aucune preuve sérieuse à l'appui, écartée par W. Herschel à mesure que ses puissants instruments lui permirent de décomposer en étoiles un plus grand nombre de nébulosités, puis peu à peu adoptée par l'illustre astronome, quand il s'aperçut que beaucoup d'entre celles qui présentaient des formes particulières résistaient définitivement à toute décomposition, la théorie de la matière nébuleuse devait être de nouveau ébranlée par les observations les plus récentes, effectuées avec des télescopes d'une puissance de pénétration jusqu'alors inconnue.

Citons quelques-unes de ces récentes observations.

La nébuleuse d'Andromède, que nous présentions plus haut comme un des types des nébulosités irréductibles, et qui, de fait, avait résisté à toute tentative de décomposition stellaire, conservant toujours une apparence laiteuse, phosphorescente et sans mélange d'aucun élancement de points lumineux, a été enfin en partie décomposée par un astronome américain, George Bond. C'est en mars 1848, à l'aide de la magnifique lunette de Cambridge, que la célèbre nébuleuse a montré plus de 1,500 étoiles

sur le champ du nuage ovale qui la forme. En même temps, les limites de la nébulosité ont été mieux déterminées, et la forme régulière qu'on lui assignait d'abord grandement altérée. « Bien que le noyau de cette prétendue nébuleuse n'ait pu être réduit encore, dit Humboldt, je n'ai point hésité à la ranger parmi les amas stellaires. »

Fig. 2. — Nébuleuse d'Andromède, d'après les dernières observations de P. G. Bond.

La nébuleuse d'Orion, ce grand nuage irrégulier qui environne les étoiles du célèbre trapèze, et dont nous avons vu qu'Halley

disait : « ce n'est rien autre chose que la lumière venant d'un espace immense rempli d'un milieu diffus et lumineux par lui-même, » cette nébuleuse, dis-je, n'a pas résisté non plus à la pénétration des nouveaux instruments. Le magnifique télescope de lord Rosse a montré que toute la partie de la nébulosité environnant le trapèze se compose réellement d'un nombre considérable d'étoiles. Les autres régions de la nébuleuse, sans avoir été entièrement résolues, se sont trouvées ainsi parsemées d'un grand nombre de points stellaires.

Un grand nombre de nébuleuses planétaires et d'étoiles nébuleuses jusque-là irréductibles ont été décomposées par le même

Fig. 5. — Nébuleuse du Chien de Chasse, d'après J. Herschel.

instrument. En même temps, l'aspect, la forme des nébulosités se sont trouvés bien différents des formes primitives sous lesquelles elles furent observées d'abord. Je citerai dans le nombre la nébuleuse du Chien de Chasse septentrional qui fut dessinée par J. Herschel sous l'apparence d'une masse lumineuse arrondie, entourée à distance par un anneau nébuleux, dédoublé sur une partie de la circonférence. Au foyer du télescope de lord Rosse, elle

Fig. 4. — Nébuleuse du Chien de Chasse, d'après lord Rosse.

apparut sous la forme d'une spirale, dont les branches divergeaient

d'un noyau lumineux pour aller rejoindre une nébulosité voisine. De plus, des étoiles apparurent sur les spires et laissent penser qu'un plus fort grossissement finirait par montrer, dans chaque grappe lumineuse, des files continues d'étoiles [1].

La nébuleuse du Renard, connue sous le nom de *Dumb bell*, a été aussi partiellement décomposée et singulièrement modifiée dans sa forme générale. La nébuleuse annulaire de la Lyre, dont l'anneau parut d'abord d'une lueur si homogène, s'est montrée à lord Rosse comme constellée de points lumineux et bordée de franges lumineuses auparavant invisibles.

Que résulte-t-il de ces faits, de ces observations nouvelles ? A coup sûr cette conséquence, que les caractères qui suffisaient aux astronomes du dernier siècle et de la première moitié du siècle actuel pour différencier les nébuleuses stellaires des véritables nébuleuses diffuses, sont aujourd'hui entièrement effacés, démentis.

A la vérité, par le fait même des perfectionnements qui ont si fort accru la puissance optique des instruments, si les nébuleuses réputées irréductibles ont cédé à la décomposition stellaire, de nouvelles nébuleuses, alors imperceptibles, sont devenues visibles et ont pris la place des premières dans la classe des nébulosités non résolubles.

Néanmoins il paraît bien clair que la théorie de la matière diffuse est ébranlée, sinon renversée d'une façon définitive. Sans doute il sera toujours loisible aux partisans de l'hypothèse de se retrancher derrière l'argument de la non-réductibilité d'un certain nombre de nébuleuses ; mais, de la façon même dont le problème est posé, cet argument n'a plus et ne peut plus avoir qu'une faible valeur, tant que d'autres faits observés ne seront pas venus rendre à l'existence de la matière nébuleuse une probabilité toute spéciale, tirée d'un autre ordre de phénomènes.

Cette dernière considération nous amène tout naturellement à parler des faits nouveaux que nous avions principalement en vue, et que nous nous proposions de mettre en évidence en écrivant cet aperçu rapide sur la constitution des nébuleuses.

[1] Plus récemment encore, un observateur d'un grand mérite, M. Chacornac, a découvert que la petite nébuleuse avoisinant la grande spirale à laquelle elle se trouve reliée, offre elle-même une forme spiraloïde analogue à celle de la première.

III

Observations récentes des nébuleuses variables ou disparues. — Difficultés inhérentes à ce genre d'observations. — Nébuleuses variables du Taureau. — Des hypothèses susceptibles d'expliquer le phénomène de la variabilité des nébuleuses; renaissance forcée de la théorie d'une matière nébuleuse cosmique.

« Dans l'avenir, il suffira d'un double coup d'œil jeté sur les nébuleuses de l'époque et sur les portraits, admirables de fidélité et de délicatesse, que les astronomes en font aujourd'hui, pour décider si le temps altère sensiblement les dimensions et les formes de ces groupes mystérieux. » (Arago, *Analyse historique et critique de la vie et des travaux de sir William Herschel.*)

Le genre particulier de recherches, proposé en ces termes par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, a pris tout récemment une importance qu'il ne sera pas difficile, je crois, de faire ressortir. Mais en même temps on verra qu'il n'est pas aussi facile de se prononcer qu'il le laisse entrevoir, sur la permanence ou la variabilité des nébuleuses.

Il n'en est plus ici comme des étoiles d'éclat variable. Il ne s'agit pas seulement de savoir si un point lumineux a diminué ou augmenté d'intensité dans l'intervalle de deux observations : dans ce dernier cas, les étoiles voisines qu'on peut choisir à volonté servent aisément de termes de comparaison, et sans se prononcer sur la grandeur absolue ou sur les degrés précis de l'échelle photométrique successivement occupés par la même étoile, on peut constater toujours, soit une altération continue, soit des périodes de variabilité.

Pour les nébuleuses, la question est plus complexe et plus délicate.

Prenons pour exemple la grande nébuleuse qui environne l'étoile sextuple d'Orion.

De bonne heure on a cru à des variations de forme et d'intensité des diverses régions qui la composent. L'imperfection des premiers dessins que les astronomes laissèrent de cette nébuleuse, plus encore, l'insuffisance des moyens d'observation expliquent cette opinion prématurée. Toujours est-il que J.-D. Cassini crut reconnaître qu'elle avait varié de forme depuis les observations d'Huyghens. Aujourd'hui, on s'accorde à penser que cette opinion était une illusion pure. Depuis Cassini, de nombreux obser-

vateurs ont étudié avec un soin extrême toutes les régions de la grande nébuleuse et compté toutes les étoiles qui s'y trouvent disséminées. J. Herschel, Struve et Liapounov, Bond, Lassell en ont publié des descriptions minutieuses et des dessins exécutés avec toute la fidélité possible. Eh bien, quand on compare ces reproductions faites à des époques peu éloignées les unes des autres, pour ne pas dire contemporaines, on est étonné des différences qui les caractérisent.

Ces différences doivent-elles être considérées comme les indices irrécusables de changements réels? C'est là, je le répète, une question très-délicate.

En effet, il est fort possible que les variations observées aient une cause toute subjective, provenant à la fois et des conditions différentes dans lesquelles se sont trouvés les observateurs et des observateurs eux-mêmes. D'abord les conditions atmosphériques, la pureté et la transparence de l'air qui varie d'un jour à l'autre, mais surtout qui varie d'un pays à un autre ; on sait quelle différence peut et doit exister, sous ce rapport, entre l'observatoire de Poulkova, situé au nord de l'Europe, et celui de M. Lassell, à Malte, dans les régions les plus méridionales de la même partie du monde.

Viennent ensuite les différences d'instruments : ici ce sont des télescopes réflecteurs, là des réfracteurs, qui se conduisent d'une façon assez différente, relativement aux impressions photométriques qu'ils peuvent donner d'objets aussi délicats que les nébuleuses. Puis les grossissements divers employés pour l'observation : tous les astronomes savent combien, par le fait seul d'un changement d'oculaire, l'aspect d'un objet peut être modifié.

Enfin, un élément perturbateur, qu'il faut bien se garder de négliger, c'est l'influence de la personnalité de chaque observateur. Non-seulement il peut résulter de cette influence des erreurs tout involontaires, provenant de l'organisation nerveuse ou physiologique de celui qui observe ; non-seulement l'état d'impressionnabilité où il se trouve au moment de l'observation peut varier d'un jour à l'autre et rendre difficile l'appréciation de ce genre d'erreurs personnelles[1] ; mais encore on doit craindre des erreurs

[1] Cette question des erreurs personnelles, si capitale dans les déterminations astronomiques d'une grande précision, a été récemment l'objet de deux com-

systématiques occasionnées par des vues particulières, des opinions quelquefois préconçues.

Avant donc de se prononcer sur des points aussi délicats de la science, il faudrait rendre les observations comparables, en éliminant autant que possible toutes les variations apparentes dues aux causes que nous venons d'énumérer. Cette épuration faite, si des variations dans l'éclat ou dans la forme des nébuleuses

munications intéressantes, la première due à M. Faye et adressée à l'Académie des Sciences, la seconde due à M. Wolf, et développée à l'une des séances de l'Association scientifique.

Selon M. Faye, si l'organisme humain reçoit des impressions qui proviennent d'un même sens, de l'ouïe, de la vue ou du toucher, il peut arrive avec l'habitude à une précision extraordinaire : par exemple, une oreille quelconque parvient, en certains cas, à apprécier des différences d'un centième de seconde. Mais s'il s'agit de combiner, de mettre à la fois en exercice deux sens différents, la précision disparaît et l'on se trouve conduit à des erreur d'autant plus graves, que non-seulement elles varient d'un observateur à l'autre, mais encore chez le même observateur, dans des séries successives de mesures. Les choses se passeront comme s'il s'écoulait un temps variable entre les deux impressions, comme si la vitesse de transmission de l'impression reçue par l'organe au cerveau ou à la pensée était différente pour deux sens distincts, et variables pour chacun d'eux,

Pour remédier à cet inconvénient si grave qui rend illusoire la précision des observations, M. Faye propose purement et simplement de supprimer l'observateur, en lui substituant des enregistreurs automatiques : — M. Regnault pense que les erreurs dues à ces instruments, bien qu'inférieures aux erreur personnelles, sont loin cependant d'être nulles et ne pourraient dès lors être négligées.

« M. Wolf, — j'emprunte cette relation à un article de M. A. Sanson, rédacteur scientifique de la *Presse* qui assistait à la séance, — M. Wolf a jugé préférable, et c'est, croyons-nous, avec raison, d'étudier le phénomène physiologique et de le réduire par l'analyse à ses véritables conditions. A l'aide d'un appareil qu'il a fait construire, et qui a été mis sous les yeux des membres de l'association scientifique, il est arrivé à prouver que l'équation personnelle dépend uniquement de la sensibilité des perceptions oculaires de l'observateur, et qu'elle peut être réduite à sa plus simple expression par l'éducation de l'œil. Il a vu, par exemple, qu'en éliminant tout à fait le concours de l'oreille dans l'observation et en faisant constater le battement de la seconde par l'œil, au moyen d une étincelle électrique, l'équation personnelle demeure la même. C'est, du reste, ce qui a lieu dans la pratique, car ce n'est point en écoutant les battements d'une pendule que l'astronome compte la seconde, mais bien à l'aide d'une appréciation intérieure, acquise par l'habitude d'estimer le temps. »

L'étude de cette question mérite d'être poursuivie ; mais il faut remarquer que les erreurs personnelles signalées par M. Faye ne sont pas de même nature que celles qu'on peut commettre dans l'observation des nébuleuses.

restent bien et dûment constatées, il devra en ressortir certaines conséquences dont nous discuterons plus loin la portée.

Quelques mots maintenant sur les observations récentes de nébuleuses variables.

Dans la nuit du 11 octobre 1852, M. Hind découvrait, dans le voisinage d'une étoile de dixième grandeur, une nouvelle nébuleuse, située dans la constellation du Taureau, entre Aldebaran et les Pléïades. Cette nébuleuse, observée depuis à plusieurs reprises, de novembre 1855 à janvier 1856, par l'astronome d'Arrest, le fut aussi en 1854 par M. Chacornac, qui la consigna sur le brouillon d'une de ses cartes écliptiques. Or, à la fin de 1861, la nébuleuse avait entièrement disparu. On constata en même temps que l'étoile voisine était variable, étant descendue, pendant cet intervalle, de la dixième à la douzième grandeur.

Des recherches furent faites par M. Hind, par MM. Le Verrier et Chacornac, à l'aide d'instruments de diverses puissances ; elles furent entièrement infructueuses ; toute trace de nébulosité avait disparu.

Ce fait de la disparition d'une nébuleuse, « l'un des plus étranges de tous les phénomènes astronomiques, » selon l'expression de J. Herschel, n'était cependant pas nouveau. « La disparition constatée d'une nébulosité stellaire, dit Arago dans sa Notice sur W. Herschel, serait un phénomène très-extraordinaire et très-fécond ; aussi ai-je cru devoir examiner si les annales de la science n'offriraient point quelque fait analogue aux deux qu'Herschel a cités (il s'agissait de deux étoiles nébuleuses voisines de la grande nébuleuse d'Orion, et dont les nébulosités circulaires qui les enveloppaient s'étaient dissipées). Ma recherche n'a pas été, ce me semble, infructueuse. Lacaille, pendant son séjour au Cap, voyait dans la constellation d'Argo cinq petites étoiles au milieu d'une nébuleuse dont M. Dunlop, avec de bien meilleurs instruments, n'apercevait point de traces en 1825. »

Ajoutons qu'Herschel signale, près des deux étoiles nébuleuses auxquelles Arago faisait allusion, une étoile nébuleuse plus brillante dont la nébulosité aurait éprouvé un très-grand affaiblissement.

Dans le voisinage de l'étoile ζ du Taureau se trouve une étoile de onzième grandeur que M. Chacornac inscrivait sur ses cartes à

la fin de 1853, sans avoir aperçu aucune trace de nébulosité en cette région du ciel. Pendant le courant de 1854, dans d'excellentes conditions d'observation, le même astronome ne vit rien de nouveau en examinant la même étoile. Or, le 19 octobre 1855, il aperçut, se projetant sur l'étoile de onzième grandeur, une faible nébulosité, qui, vingt-deux jours après, « n'avait varié ni de place, ni d'étendue, ni de forme. »

Laissons parler maintenant l'observateur :

« Le 27 janvier 1856, dit-il, la nébuleuse m'apparut si brillante, que j'écrivis en note : « Il est étonnant que M. Hind ne « l'ait pas aperçue avec sa lunette de sept pouces d'ouverture ; « elle offre l'apparence d'un nuage transparent qui semble réflé- « chir la lumière de l'étoile ζ du Taureau, et son aspect, tout « différent de celui de la nébuleuse 357 (J. Herschel), ne fait « naître aucune idée de points stellaires visibles sur toute l'éten- « due de sa surface. »

« Cette nébuleuse d'Herschel se présente en effet comme un amas d'étoiles qui s'aperçoivent distinctement séparées les unes des autres, même avec un faible grossissement, tandis que le souvenir que je garde de la nébuleuse variable me l'a fait comparer à un léger *cirro-stratus* strié de bandes parallèles ; cette description est, du reste, en tout conforme au dessin de la carte. Depuis le 27 janvier 1856, je n'ai plus inscrit les dates des comparaisons de cette carte au ciel, et le 20 novembre 1862, je fus surpris de ne pas retrouver la moindre trace de cette nébuleuse, tandis que la petite étoile de onzième grandeur, sur laquelle elle se projetait, n'offrait aucune variation d'éclat. Je n'ai pas manqué d'inspecter souvent le lieu de cette nébuleuse depuis que j'ai constaté sa disparition, mais je n'ai pu en saisir le moindre indice avec les instruments de l'Observatoire impérial de Paris [1]. »

Bornons-nous à ces faits, d'ailleurs si étranges, que nous pourrions multiplier et voyons quelle interprétation il est possible d'en donner, d'après les notions acquises sur la structure des nébuleuses.

Constatons d'abord que les observations précédentes remplissent toutes les conditions susceptibles de rendre les résultats comparables. Il s'agit d'un phénomène très-simple, qui est la variabilité

[1] *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. LVI, p. 638 et 639.

d'éclat d'une lumière, voisine elle-même de points lumineux très-nettement déterminés, de position et de grandeur photométrique, il s'agit en outre d'une disparition constatée à plusieurs reprises, et dans des circonstances plutôt meilleures que défavorables. Enfin, c'est le même observateur qui signale l'objet, et qui plus tard est témoin de ses variations et de son extinction réelle ou apparente.

Plaçons-nous d'abord dans l'hypothèse de la nature stellaire des nébuleuses, et voyons comment il est possible de rendre compte des changements d'éclat de l'ensemble.

On sait que pour expliquer la variation d'une étoile on a imaginé diverses théories, dont la plus vraisemblable et la plus généralement adoptée consiste à attribuer les changements périodiques d'éclat à leur mouvement de rotation de l'étoile sur son centre. Il suffit alors de supposer que les faces de l'étoile sont inégalement lumineuses pour expliquer les variations périodiques d'éclat.

Une telle explication est inadmissible lorsqu'il s'agit non plus d'une étoile isolée, mais d'agrégations dont les individus se comptent sans doute par milliers. Il faudrait que toutes les faces obscures vinssent se tourner à la fois vers le point de l'espace où se trouve la Terre, pour que la lueur de la nébuleuse pût s'affaiblir et disparaître dans son ensemble. C'est une hypothèse qui ne mérite certes pas qu'on s'y arrête un instant.

Quant à supposer que la nébuleuse s'approche ou s'éloigne alternativement de la Terre en ligne droite, à des distances suffisantes pour rendre compte de l'affaiblissement de la lumière, c'est là une supposition également impossible ; les motifs qui l'ont fait rejeter pour les étoiles variables isolées sont tout aussi décisifs pour une nébuleuse stellaire.

Enfin, si l'on voulait admettre qu'il y eût un réel affaiblissement de la lumière dans la nébuleuse, il faudrait que cet affaiblissement se produisît à la fois et en particulier sur chacune de ses étoiles composantes.

On le voit, nous touchons de toutes parts à des impossibilités ou à des probabilités si faibles, qu'elles équivalent à l'impossibilité même.

Reste donc l'hypothèse de l'interposition, entre la Terre et l'amas d'étoiles qui forme la nébuleuse, d'une portion de l'espace moins transparente ou même dépourvue de toute transparence, c'est-à-dire remplie d'une matière diffuse dont l'épaisseur tantôt affaiblit

seulement l'éclat de la lueur nébuleuse, tantôt est assez considérable pour l'éteindre tout à fait.

Ainsi, dans le cas même où l'on imagine que toutes les nébuleuses sont, sans exception, des agrégations d'étoiles, la variabilité bien constatée de certaines d'entre elles entraîne l'existence, dans les régions de l'espace, d'une matière diffuse, nébuleuse, mais, il est vrai, dépourvue de la propriété d'être lumineuse par elle-même. S'il existe, dans les lointaines régions du ciel, de telles masses imparfaitement transparentes, animées d'un certain mouvement de translation, il suffit de supposer qu'elles viennent de temps à autre se placer entre l'œil et des étoiles isolées ou des groupes d'étoiles, pour expliquer l'affaiblissement rapide ou progressif de la lumière de ces astres. Un mouvement opposé rendrait également compte d'une augmentation d'éclat.

Maintenant, si l'on se place au point de vue des astronomes qui partagent les nébulosités lumineuses dont le ciel est parsemé en deux classes bien distinctes, d'une part les amas stellaires, d'autre part les nébuleuses proprement dites, ou agglomérations de matière à l'état gazeux, vaporeux, ou de constitution corpusculaire, d'ailleurs douée d'une lumière propre, la variabilité des nébuleuses s'explique tout naturellement.

Il suffit, en ce cas, de supposer que, sous l'influence de forces analogues à la gravité ou opposées, c'est-à-dire de la nature du calorique, par exemple, cette matière soit dans un état continu de changements ; il suffit d'admettre que ces changements d'ensemble donnent lieu à des condensations ou à des dilatations alternatives, pour rendre compte des variations d'éclat. Le seul changement de densité expliquerait ces variations, qui seraient plus aisées encore à comprendre, si l'on regarde de tels mouvements comme propres à développer ou à ralentir les propriétés calorifiques et lumineuses de la masse.

En résumé, l'hypothèse nébuleuse qui en elle-même n'offre aucune difficulté essentielle, dont nous voyons des exemples dans les corps cométaires, dans l'anneau qui entoure notre Soleil, et qui a servi à l'illustre Laplace pour le développement de la plus grandiose et de la plus rationnelle des cosmogonies, après avoir été successivement adoptée, mise à l'écart, reprise et de nouveau abandonnée, se trouve ramenée forcément dans la science par de nouvelles et décisives observations. Cette hypothèse nous paraît

une conséquence nécessaire des faits nouvellement constatés, soit de la variabilité, soit de la disparition des nébuleuses. A la vérité, elle donne lieu à deux théories bien distinctes, entre lesquelles la science ne peut se prononcer encore, en connaissance de cause, mais qui offrent toutes les deux ce point commun, à savoir qu'elles supposent l'existence de masses de matière diffuse, dans les profondeurs de l'espace éthéré. Si cette lumière est douée d'une lumière propre, c'est elle-même qui est le siége des variations observées, et les nébuleuses visibles doivent, selon l'ancienne théorie, se classer en deux catégories, celle des nébuleuses stellaires ou résolubles, et celle des nébuleuses diffuses ou irréductibles. Si, au contraire, la matière lumineuse n'est pas lumineuse par elle-même, ce n'est point elle qui est le théâtre des phénomènes de variabilité des nébuleuses : elle n'en est que la cause occasionnelle. Dans ce cas, les nébuleuses visibles ne forment sans doute qu'une classe unique : elles sont toutes des agglomérations stellaires, des systèmes de soleils.

Il reste, on le voit, beaucoup à faire encore pour donner à cette hypothèse les proportions d'une théorie rationnelle. Il faut accumuler et discuter les faits, répéter les observations dans toutes les conditions possibles, afin de donner une base solide, la seule solide dans les sciences naturelles, à la nouvelle branche d'astronomie sidérale qui a pour objet l'étude des transformations et des variations d'éclat des nébuleuses. Il y a là tout un champ nouveau d'observations, fécondes en conséquences, et bien propres à agrandir encore les idées que les progrès de l'astronomie nous ont peu à peu données sur la constitution et la structure de l'univers.

AMÉDÉE GUILLEMIN.

PHYSIQUE

CHALEUR SOLAIRE ET FORCES TERRESTRES

A la fin du siècle dernier, sous la puissante impulsion de Lavoisier, la science a fait un pas immense. Rien ne se crée, rien ne se détruit, a-t-il dit, et cette hardie proposition, vérifiée par des expériences innombrables, est devenue le criterium de tous les travaux des chimistes. Lavoisier appliquait son aphorisme aux corps graves aussi bien qu'aux fluides impondérables ; il entendait non-seulement que si on unit un certain poids d'oxygène à un poids convenable d'hydrogène, on obtiendra un poids d'eau égal à la somme du poids des deux gaz ; il prévoyait aussi que les forces physiques qui animent la matière doivent participer de l'indestructibilité qui la caractérise. Si on a dépensé pour transformer de l'eau en vapeur une certaine quantité de chaleur, cette chaleur n'est pas perdue : emmagasinée, devenue latente dans la vapeur, elle sera recouvrée intégralement, retrouvée sans perte quand la vapeur reprendra l'état liquide. Pour Lavoisier, la quantité de chaleur dégagée dans la combinaison était précisément égale à celle qui est absorbée pendant la décomposition ; il avait donc établi entre les corps simples et les fluides impondérables un rapprochement complet : ils étaient les uns et les autres indestructibles et non transformables.

Les idées de la science actuelle ne sont plus entièrement celles de Lavoisier ; si nous disons avec lui que la matière est indestructible, que les forces physiques le sont également, nous reconnaissons que si les corps pesants persistent sous une forme immuable, les forces, au contraire, peuvent se transformer les unes dans les autres ; tandis que la transmutation des corps simples nous est

complétement interdite, qu'il est impossible à notre chimie, si bien armée qu'elle soit, de faire sur le chemin des transmutations un pas décisif, et que nous sommes aussi impuissants que les chercheurs du grand œuvre à métamorphoser le plomb en or ou le fer en argent, nous assistons journellement au contraire à la transformation des forces physiques les unes dans les autres, et il n'est pas de phénomène si simple dans lequel cette transformation ne se manifeste. Pas plus que le fer ou le soufre, la chaleur ne se crée, pas plus qu'eux elle ne se perd ; mais toutefois bien différente de la matière pondérable qui persiste toujours sous une forme unique, tellement que le fer et l'or resteront toujours fer et or, la chaleur peut se transformer, devenir force mécanique, électricité, lumière, et ces divers agents, exécutant de nouveau une transformation inverse, reviennent eux-mêmes à leur état primitif en reproduisant la chaleur dont ils proviennent.

Il est encore entre les corps pondérables et les forces physiques une autre différence : retenus, comme leur nom l'indique, sur la surface du globe par la force de gravité, les corps pesants resteront fixés sur la terre tant qu'elle existera et nulle portion n'en sera jamais distraite ; la chaleur plus mobile parcourt l'espace, elle vole d'un globe à l'autre ; partant du soleil, elle arrive jusqu'à nous, rebondit en partie pour continuer son éternel voyage ; mais aussi fixée en partie sur ce globe, elle y devient l'origine des phénomènes les plus variés. Toutes les forces que nous utilisons sur la terre dérivent de cette chaleur et ne sont pour ainsi dire que de nouvelles formes qu'elle revêt, que des déguisements sous lesquels un œil attentif ne tarde pas à la reconnaître. Les forces qui agissent ici-bas n'y sont donc pas créées ; elles dérivent de la chaleur que nous envoie le soleil, qui devient ainsi l'origine de tout le mouvement qui s'agite sur la terre.

Si un vaisseau, les voiles gonflées au vent, bondit sur la lame et la fait écumer sous sa proue relevée et abaissée tour à tour ; si le fleuve descend bouillonnant des montagnes pour s'étendre paresseusement dans la plaine et parcourir lentement les contrées qu'il féconde ; si la locomotive rugissant galope sur ses rails de fer ; si le cheval parcourt l'hippodrome en franchissant les obstacles ; si la plume de l'écrivain, le pinceau du peintre, l'ébauchoir du statuaire, obéissant à la pensée qui les dirige, donnent à l'idée

une forme matérielle, la cause en est au soleil; tout vient de lui, nous n'existons que par lui, et notre petit globe, perdu dans l'immensité, est rempli de sa gloire; il lui doit la lumière qu'il reflète aussi bien que la vie qui l'anime : sans lui, muet, froid, dépouillé, gelé, désert, il cesserait de porter le genre humain et sa fortune.

Qu'on ne crie pas au paradoxe! Nous affirmons, mais nous allons démontrer; nul moment, au reste, n'est mieux choisi pour appeler sur cette question l'attention du public français. Depuis plusieurs années déjà, cette étude le préoccupe. D'abord confinées dans un petit cercle de savants, élaborées, vérifiées par des expérimentateurs d'une admirable exactitude, les nouvelles idées sur la chaleur se répandent aujourd'hui dans le public; en 1862, dans deux leçons mémorables, professées devant la société chimique, M. Verdet a déterminé le mouvement qui ne s'arrêtera plus; enfin, notre excellent collaborateur et ami regretté, Emile Lamé, leur consacrait dans ce recueil un de ces articles puissants, où se manifestait dans toute sa profondeur cette intelligence si vite moissonnée[1]. Un nouvel élan est imprimé à la nouvelle physique, aujourd'hui que M. l'abbé Moigno vient de donner une très-bonne traduction française du beau livre de M. John Tyndall, *la Chaleur*, où sont résumées avec la plus admirable clarté douze leçons, professées en 1862 à l'Institut royal de la Grande-Bretagne, sur la nouvelle théorie mécanique de la chaleur.

I

Les vents sont dus à la dilatation de l'air produite elle-même par la chaleur solaire. — Vents alizés. — Vents d'ouest. — Halley. — Hadley. — Franklin.

La sphère gazeuse qui entoure notre globe est entraînée avec lui dans son mouvement; si elle restait immobile, en effet, pendant que la terre exécute sa rotation, tous les objets terrestres qui font saillie seraient frappés par l'air en repos avec une violence à laquelle aucun d'eux ne saurait résister. Si les molécules gazeuses qui forment notre atmosphère participent ainsi aux mouvements qui entraînent le globe dans l'espace, elles se déplacent elles-mê-

[1] Voir dans l'Annuaire de 1863 son *Etude sur les théories de la chaleur*.

mes, par rapport aux objets sousjacents, avec des vitesses variables; ces déplacements plus ou moins rapides sont la cause des vents. Parfois ils soufflent avec une grande régularité; quand le temps est clair, on remarque dans les îles que la brise affecte deux directions opposées pendant le jour et pendant la nuit. Vers neuf heures du matin, le vent commence à souffler de la mer, sa force augmente à mesure que le soleil s'élève dans le ciel; à trois heures de l'après-midi, la brise acquiert son maximum d'intensité, elle s'affaiblit bientôt, et tombe quand le soleil disparaît à l'occident dans les nuages empourprés; le vent, prenant alors une direction contraire, souffle de la terre généralement pendant toute la nuit.

Cette simple observation suffit pour faire pressentir la cause des vents, cause unique qui produit cependant des effets très-variés. Quand l'air est échauffé, il diminue de densité, devient plus léger et s'élève; chacun a remarqué le courant d'air qui s'établit au-dessus d'une surface chauffée : dans sa course ascensionnelle le gaz dilaté dévie les rayons lumineux, qui, traversant un fluide d'une densité moindre que l'air ordinaire, donnent à tous les objets des contours tremblants et ondulés. Pendant le jour, la terre échauffée par les rayons du soleil beaucoup plus que les eaux, transmet la chaleur qu'elle reçoit à l'air qui la surmonte, celui-ci s'échauffe, se dilate et s'élève, laissant un vide que vient combler l'air de la mer en se déplaçant latéralement. La nuit, au contraire, la terre, douée d'un pouvoir rayonnant considérable, émet sa chaleur vers les espaces célestes éternellement froids; elle se refroidit elle-même et refroidit également l'air qui est en contact avec elle; celui-ci devient plus dense que l'air de la mer qui, resté en contact avec une surface peu sensible aux variations calorifiques, a gardé une densité constante; l'air de la terre, plus lourd, va donc alors se diriger vers la mer, soulevant au-dessus de lui l'air maritime. Une observation très-simple, due à Franklin, fera bien comprendre le mouvement de l'air près des côtes. Qu'en hiver, dans une chambre bien chaude, on ouvre une large porte, il ne tarde pas à s'établir deux courants, l'un qui règne en haut de la chambre et qui se dirige vers l'ouverture, tandis qu'un autre inférieur vient au contraire du dehors, et pénètre dans l'intérieur de la chambre; une bougie placée dans ces deux courants indique nettement leur direction par le sens dans lequel se courbe la flamme.

Sur une plus grande échelle, les vents alizés sont dus aux mêmes causes que les brises de terre et de mer observées dans les îles; ces vents soufflent régulièrement de l'est dans l'Atlantique et dans le grand Océan ; ce sont eux qui poussèrent les trois petites caravelles de Christophe Colomb d'Europe en Amérique; ce sont eux qui hâtent les traversées de l'est à l'ouest dans l'hémisphère boréal ou dans l'hémisphère austral ; ils sont cependant bornés à peu près par le 30e degré de latitude, au sud et au nord de l'équateur.

La cause des vents alizés est restée pendant longtemps fort obscure ; elle n'a été pénétrée qu'au commencement du dix-huitième siècle, par Halley et Hadley. Puisqu'un air froid tend toujours à se substituer à un air moins dense et plus chauffé, puisque celui-ci s'élève, fait un vide au-dessous de lui, qui est rempli par celui-là, on conçoit que si la terre était en repos, si sa surface présentait partout une même matière capable de s'échauffer toujours de la même façon, il n'y aurait sur le globe que deux courants, l'un d'air chaud, partant de l'équateur et gagnant, par les hautes régions, les pôles, où, condensé, refroidi, rendu plus lourd, l'air tombé à la surface de la terre, formant le courant du nord au sud, reprendrait, dans les régions basses, le chemin de l'équateur, pour venir y remplacer celui qui s'y échauffe et s'y élève constamment. Mais la terre n'est pas en repos, elle tourne sur elle-même avec une énorme vitesse; les courants polaires, se dirigeant vers l'équateur, vont rencontrer, à mesure qu'ils descendent vers les régions chaudes, des parallèles de plus en plus grands, animés d'un mouvement de plus en plus rapide ; les masses d'air qui affluent du nord vers l'équateur ont donc une vitesse acquise moindre que celle des régions vers lesquelles ils se dirigent ; ils tournent moins vite que les objets terrestres qu'ils rencontrent, et ceux-ci, animés d'un vif mouvement de l'ouest à l'est, rencontrant un obstacle, sont frappés par un vent qui paraît venir du nord-est dans l'hémisphère septentrional, du sud-est dans l'hémisphère boréal.

Les vents naissent donc par suite d'une dilatation de l'air sous l'influence du soleil, et ils se propagent dans une direction contraire à celle dans laquelle ils soufflent. Si le vent se dirige du sud au nord, il sera perçu plus tôt dans une première ville située plus au sud que dans une seconde plus au nord. Les couches d'air

s'ébranlent peu à peu, elles se substituent les unes aux autres à mesure qu'elles sont appelées par le vide primitif. Franklin paraît avoir le premier fait cette remarque importante. Il raconte, dans ses lettres, qu'ayant voulu observer une éclipse de lune à Philadelphie, il en fut empêché par un ouragan de nord-est qui se manifesta sur les sept heures du soir, et amena, comme d'ordinaire, des nuages épais qui couvrirent tout le ciel. Il fut surpris, quelques jours après, d'apprendre qu'à Boston, situé à 400 milles au nord-est de Philadelphie, la tempête n'avait commencé qu'à onze heures du soir, longtemps après l'observation des premières phases de l'éclipse; en comparant ensemble les rapports recueillis dans diverses localités, Franklin observa constamment que cette tempête de nord-est avait eu lieu d'autant plus tard que la station était plus septentrionale, et qu'ainsi le vent soufflait dans un sens et avançait progressivement en sens contraire.

La circulation des molécules gazeuses de l'atmosphère est donc due à l'inégale dilatation qu'éprouve ce fluide sous l'influence du soleil. L'air échauffé s'élève vers les hautes régions; il est poussé par l'air qui revient des pôles, et deux couches d'air superposées peuvent avoir ainsi des directions différentes. Il n'est pas rare, sous les tropiques, de voir, dans les régions supérieures de l'atmosphère, des nuages qui se meuvent dans une direction contraire à la direction actuelle du vent. Sur les sommets des plus hautes montagnes, on n'atteint pas encore l'alizé supérieur soufflant du sud-ouest au nord-est dans l'hémisphère boréal; mais des cendres, lancées par des volcans jusque dans ce courant supérieur, ont montré à différentes reprises quelle était sa direction. Le 24 et le 25 janvier 1835, le soleil fut obscurci, à la Jamaïque, par une pluie de cendres fines venant d'un volcan placé au sud-ouest de l'île, dans une direction contraire, par conséquent, au sens du vent alizé inférieur. Bien d'autres exemples démontrent encore l'existence de ces courants supérieurs, qui, s'abaissant vers les régions polaires, fournissent les vents d'ouest, bien connus aujourd'hui des marins, et qui facilitent la navigation au-dessous des tropiques. Un bâtiment qui va de New-York en Australie arrive plus rapidement par un voyage de circum-navigation qu'en doublant le cap Horn. Ces vents d'ouest abrégent encore la traversée d'Australie au cap Horn, et de celui-ci au cap de Bonne-Espérance, et favorisent enfin le retour des États-Unis en Europe; et, bien

que ces vents fussent connus depuis longtemps, on ne peut refuser au commandant Maury, de la marine américaine, d'avoir beaucoup insisté sur leur importance et sur leur utilité. Leur cause est aisée à saisir : de même que les vents polaires, arrivant vers les régions équatoriales directement du nord au sud dans l'hémisphère boréal, rencontrent des parallèles animés d'un vif mouvement de rotation, et, buttant contre les objets terrestres qui se meuvent de l'ouest à l'est, semblent venir de l'est, de même les vents équatoriaux, remontant vers le nord, sont soumis à un vif mouvement de rotation, qu'ils ont pris dans les régions équatoriales, rencontrent des parallèles de plus en plus étroits, qui sont animés par conséquent d'une vitesse moins grande que la leur; ils continuent leur mouvement dans le sens même de la rotation terrestre, c'est-à-dire de l'ouest à l'est, et, rencontrant à la surface de la terre des aspérités qui, transportées dans le même sens que le courant aérien, sont cependant animées d'une vitesse moins grande, ils les frapperont du côté de l'ouest.

Les moussons qui alternent dans la mer des Indes, les vents violents qui règnent dans les pays sablonneux, où l'air peut s'échauffer, sont encore dus à la chaleur solaire, cause première de tous les mouvements de la masse gazeuse qui constitue notre atmosphère. C'est donc la chaleur solaire qui agite les longues ailes des moulins à vent, c'est elle qui gonfle les voiles des bâtiments qui sillonnent la mer, c'est elle qui se charge de créer, à la surface de la terre, une force immense, souvent régulière, que l'homme utilise déjà, qu'il utilisera bien davantage encore le jour où, sachant faire monter et descendre régulièrement son aérostat, il pourra aller chercher dans les airs la couche gazeuse qui l'entraînera avec elle dans la direction qu'il veut suivre. C'est la chaleur solaire qui d'abord, alliée fidèle, devient ennemie terrible quand, précipitant la course des nuées, elle se transforme en ouragan. Le 22 juillet 1825, la Guadeloupe est assaillie par une furieuse tempête : des tuiles, enlevées des toits, volent dans l'air, elles pénètrent à travers les portes des maisons, perçant les ventaux les plus épais. Une planche de sapin, de 1 mètre de long et de 23 millimètres d'épaisseur, traverse d'outre en outre une tige de palmier de 45 centimètres de diamètre. — Comme un peuple d'ennemis acharnés à sa poursuite, le navire voit courir derrière lui les nuages en bataillons serrés ; si, imprudent, il n'a pas

diminué sa voilure et soustrait ses agrès à la main terrible qui pèse sur lui, il va courir effaré, luttant de vitesse avec la tempête, qui à chaque pas le dépasse et lui enlève triomphalement un lambeau. Le mât a craqué, les haubans se tendent, résistent d'abord, puis cèdent ; il tombe, entraînant avec lui les cordages qui le devaient soutenir. La mer, soulevée, lance ses lames toutes droites, comme brandies par une main puissante ; elles avancent ; leur masse verte, un instant hésitante, s'abat sur le vaisseau ; comme une meute aboyante, les vagues poursuivent le fuyard... ; heureux si la mer est libre, s'il a devant lui l'Océan sans limites, il peut lasser la tempête, échapper à son impitoyable ennemi. Mais malheur au marin qui navigue dans une mer fermée : poussé par l'orage, il pressent dans l'ombre la côte inhospitalière ; aveuglé par le vent, la brume, la buée qui s'élève des flots, haletant, assourdi par le mugissement de la tourmente, cramponné à son banc de quart, luttant contre la vague qui l'inonde et cherche à l'entraîner, l'officier s'efforce de percer l'ombre qu'il a devant lui. Les phares s'éteignent, l'obscurité est profonde, rien ne vient guider l'infortuné qui doit s'engager dans un chenal étroit ; il arrive de toute la vitesse des vagues contre les rochers, il s'y brise..... On se rappelle la triste histoire de la *Sémillante*, qui se perdit dans les bouches de Bonifacio en 1855, avec son équipage et les troupes qu'elle portait en Crimée.

II

Vaporisation de l'eau sous l'influence de la chaleur solaire. — Condensation de la vapeur d'eau. — Glaciers. — Neige. — Pluie. — La force des cours d'eau provient de la chaleur solaire.

Nous venons de montrer comment la chaleur solaire, échauffant l'air de la zone équatoriale, lui donne un mouvement ascensionnel, détermine une sorte de vide que comblent bientôt les vents froids du pôle ; nous avons compris comment la chaleur solaire était ainsi la cause d'une des forces les plus puissantes, les plus facilement utilisables qui existent sur le globe, la force du vent. Il nous sera aisé de montrer aussi que les fleuves, ces chemins qui marchent, sont constamment alimentés par les eaux que transporte la chaleur solaire. Leurs ondes lentement descendent les reliefs du terrain, elles s'écoulent vers la mer, répandant sur

leur route la fécondité, animant de nombreuses usines, transportant de lourds fardeaux, offrant à l'activité humaine une force infatigable.

On sait que l'eau se réduit facilement en vapeur, et que, même à la température de 0°, elle se gazéifie encore, mais que sa *tension*, c'est-à-dire que la force avec laquelle elle fait équilibre à la pression qu'exerce sur sa surface l'atmosphère terrestre augmente rapidement avec la température; aussi, sous l'équateur, la chaleur solaire, échauffant considérablement l'eau de la mer, détermine une évaporation considérable; l'air qui s'élève n'est pas de l'air sec, mais bien un air extrêmement chargé d'humidité. Toute l'eau rendue invisible par l'action de la chaleur n'est pas transportée vers les régions septentrionales par les courants supérieurs; cette eau se condense en partie quand elle pénètre dans les couches plus froides qui existent même dans la région élevée de l'atmosphère équatoriale; la vapeur se condense et retombe, formant les pluies abondantes des tropiques. Quelques-unes de ses propriétés font en effet comprendre facilement comment elle doit se condenser quand elle arrive dans les régions élevées.

Qu'à l'imitation de M. Tyndall, on place devant une source de chaleur un tube métallique terminé par deux surfaces transparentes et qu'en face de la seconde ouverture du tube soit un appareil thermométrique très-sensible[1], qui ne pourra être affecté que par les rayons qui auront traversé le tube ; qu'enfin on remplisse successivement le tube d'air sec et d'air humide, on reconnaîtra que l'air sec laisse infiniment mieux passer la chaleur que l'air humide ; celui-ci est doué, suivant l'expression de physiciens, d'un grand pouvoir absorbant. Il possède aussi un grand pouvoir émissif, c'est-à-dire que s'il s'empare avidement de la chaleur qui veut le traverser, lui-même rayonne aussi activement la chaleur qu'il possède. « J'imagine, dit M. Tyndall, que ce second fait doit jouer un très-grand rôle sous les tropiques. A une faible hauteur, en effet, l'air chargé de vapeurs ne peut se refroidir par suite de l'écran de vapeur qui le protége contre le refroidissement par rayonnement ; il n'en est plus de même de l'air qui s'élève à une hau-

[1] M. Tyndall se sert dans les expériences très-nouvelles, très-claires, très-concluantes, qui fourmillent dans son ouvrage, de la pile thermoélectrique de Melloni.

teur considérable, où la protection de la vapeur n'existe plus. Aussitôt que la colonne d'air a dépassé l'écorce d'air saturé qui la protégeait et qui, durant la première partie de son ascension, s'étendait au-dessus d'elle, elle se trouve en présence de l'espace vide, auquel elle cède sa chaleur sans obstacle ou sans compensation. L'air et la vapeur se refroidissent donc rapidement, et bien que la quantité de vapeur entraînée jusqu'à ces hauteurs soit notablement moins forte que celle des régions basses, l'eau, condensée brusquement, forme ces pluies torrentielles qui inondent la terre[1]. »

Toute la vapeur contenue dans l'air qui chemine vers les pôles n'est pas ainsi condensée dans les régions tropicales ; l'air chargé encore de vapeur remonte vers les régions septentrionales et vient leur apporter, en même temps que des pluies bienfaisantes, la chaleur du soleil emmagasinée dans la vapeur. Si, en effet, au moment où la vapeur se forme, une certaine quantité de chaleur devient *latente*, invisible, insensible, tout employée à produire la transformation de l'eau liquide en vapeur, réciproquement, quand la vapeur se condense, elle abandonne cette chaleur qui devient sensible ; de là les procédés de chauffage à la vapeur. Le courant gazeux qui de l'équateur remonte au nord, s'infléchit à l'ouest dans notre atmosphère ; refroidi peu à peu, il laisse sa vapeur se condenser en nuages, et enfin s'écouler en pluie ; au moment où celle-ci tombe, une quantité considérable de chaleur latente devient sensible et l'atmosphère est échauffée.

Il existe, entre les côtes occidentales et les côtes orientales des continents, des différences de température considérables ; tandis que notre Europe jouit d'une température très-douce. New-York, situé sous la latitude de Lisbonne, a des hivers bien plus rigoureux ; l'île de Vancouver, située par le 45e degré de latitude, jouit d'une température moyenne de 11°,5, tandis que Boston, situé sur la côte orientale d'Amérique, par 42°,21 de latitude, n'atteint cependant qu'une température moyenne de 9°,5. La cause en est aux vents d'ouest[2], qui apportent aux côtes occidentales, sur leurs

[1] John Tyndall, *la Chaleur*, p. 382.

[2] Les courants de la mer ont aussi leur influence. Le Gulfstream, qui arrive jusqu'aux côtes de l'Angleterre et de la Norvége, contribue beaucoup à élever eur température moyenne. Voyez, dans l'*Annuaire* de 1864, l'article de M. Zurcher, *les Courants de la mer*.

ailes mouillées, la chaleur de l'équateur. Le climat de l'Angleterre, de la Normandie, des côtes de la mer du Nord est « doux comme le vent d'ouest; » toujours les gros nuages blanchâtres se roulent dans le lointain; bientôt ils se fondent en pluie rayant l'horizon d'une averse sans fin; l'herbe fraîche verdit de tous côtés : c'est une région de pâturages; l'Anglais est naturellement pasteur; « ce peuple se nourrit de chair et de lait, » dit César. Bien différentes sont les côtes orientales des continents; les vents d'ouest, desséchés par leur passage sur les montagnes, n'ont plus à donner ni humidité ni chaleur; ils arrivent froids, secs, âpres; les hivers de New-York sont semblables à ceux de la Sibérie; en été, le ciel des régions orientales, d'un bleu implacable, s'enflamme sous les traits d'un soleil de feu; la végétation brûlée languit, toute vie s'arrête jusqu'au retour de la saison pluvieuse; ces pays, moins privilégiés que les régions occidentales, n'ont pas les alternatives de soleil et d'humidité si favorables aux cultures variées; on n'y voit pas le ciel radieux de l'été s'y voiler tout à coup sous de nombreuses nuées d'où s'écoulent des pluies fécondantes, « chaudes comme des larmes de joie. »

Si les vents chargés de vapeur arrivent vers les régions montagneuses, ils abandonnent bientôt sous forme de neige l'eau qu'ils transportent; les montagnes sont froides, en effet; elles peuvent facilement rayonner vers les espaces planétaires la faible chaleur que leur isolement leur permet d'absorber pendant le jour; l'air humide des plaines, pour arriver jusqu'aux cimes, devient plus léger, sa densité diminue, ses molécules s'écartent, et le travail qu'elles exécutent, en augmentant de volume, se traduit par un refroidissement et par une condensation de vapeur; les pics élevés n'ont donc pas comme les plaines cet écran de vapeur qui retarde le passage de la chaleur qu'elles ont reçue du soleil. Comme les pays situés dans l'intérieur des continents, qui doivent à la sécheresse de leur atmosphère des nuits et des hivers rigoureux, les cimes sont soumises à une déperdition constante, et la vapeur s'y condense à l'état de neige; pressée sur elle-même, celle-ci se gèle bientôt, et, grâce à la propriété qu'a la glace de se souder à elle-même, les pics se recouvrent d'énormes glaciers.

Il y a, au premier abord, quelque chose de paradoxal dans le froid des montagnes; les rayons solaires, ayant à traverser pour arriver jusqu'à elles une moindre masse d'air, devraient les

échauffer davantage, et, en effet, comme celui des plaines, le sol des montagnes peut considérablement s'échauffer. M. Martins rapporte[1] qu'il a parfois constaté des différences d'une vingtaine de degrés entre la température du sol et celle de l'atmosphère ; aussi arrive-t-il souvent pendant l'été que la glace fond, non pas à la surface, mais par dessous ; ce sont les couches en contact avec le sol qui, les premières, s'échauffent et fondent. « Souvent, quand on met le pied sur le bord d'un champ de neige, le poids du corps fait rompre une couche superficielle qui ne repose pas sur le sol, dont la chaleur a fondu la couche de neige en contact avec lui. Quelquefois le voyageur aperçoit avec étonnement, sous ces croûtes glacées, des soldanilles en fleur et les rosettes de feuilles du vulgaire pissenlit. » Si le sol des montagnes peut s'échauffer, il n'en est pas de même de l'air. « Celui-ci s'échauffe principalement par le contact et le rayonnement du sol, préalablement chauffé par le soleil. Or, dans la plaine, la couche d'air est en contact avec une surface pour ainsi dire illimitée, qui lui communique sa température ; sur un sommet pointu et isolé, au contraire, la surface en contact avec l'air étant de peu d'étendue et limitée, sa puissance calorifique l'est également..... Une autre cause s'oppose au réchauffement de l'air par le sol sur un sommet isolé : c'est son renouvellement incessant. Dans les vallées, quand l'atmosphère est tranquille, la couche d'air inférieure s'échauffe au contact du sol, y reste longtemps adhérente, jusqu'à ce que l'équilibre soit rompu et qu'un courant ascendant s'établisse qui entraîne l'air chaud. » Sur les flancs des montagnes échauffées par le soleil, l'air glisse et atteint bientôt les couches froides.

A ces causes vient s'ajouter encore le rayonnement nocturne de la neige, rayonnement très-considérable et qui détermine un abaissement de température énorme. Quand la neige déposée pendant la nuit fond dans la journée et regèle le soir, elle forme une couche dure et solide sur laquelle on marche facilement ; quand, au contraire, la température ne s'élève pas assez pour que cette neige puisse fondre, elle reste à l'état pulvérulent, poussiéreux ; on y enfonce jusqu'aux genoux. Dans l'ascension que fit M. Martins au mont Blanc, le 28 août 1846, cette espèce de neige couvrait les glaciers ; à minuit, les 28, 29, 30 et 31 août, le thermo-

[1] *Annales de chimie et de physique*, tome LVIII. 1860.

mètre est descendu en moyenne à 19°,20 au-dessous de zéro, l'air étant à 6°,45. « On n'ose calculer, ajoute M. Martins, qu'elle doit être, en hiver, la température de cette neige, lorsque celle de l'air descend à 30° par exemple. Si les rapports sont les mêmes, la neige, par une nuit calme et sereine, doit marquer à la surface 63° au-dessous de zéro [1]. »

Si nous résumons les faits précédents, nous voyons qu'on peut très-exactement comparer le globe terrestre à une vaste machine à vapeur, qui possède sa chaudière et son condenseur. La chaudière, c'est la région équatoriale, que frappent normalement les rayons du soleil ; l'eau s'y échauffe, se réduit en vapeur : elle est mobile dès lors ; elle peut librement voyager dans l'air, emportant avec elle la chaleur qui l'a engendrée ; cette vapeur, entraînée par les courants qui remontent vers le Nord, se condense quand elle est refroidie, et dégage au moment de cette condensation la chaleur qui la maintenait à l'état gazeux ; nous l'avons dit, notre Europe, condenseur de la grande chaudière équatoriale, est sans cesse échauffée par le courant de vapeur qui en arrive ; quand l'air humide passe sur les hautes chaînes toujours froides, il abandonne son eau à l'état de neige, elle y séjourne pendant l'hiver, formant comme une sorte de grand réservoir d'humidité pour la saison chaude ; que le soleil revienne, en effet, et d'en bas il commence à attaquer le glacier : la neige se fond, la glace fendue se brise avec éclat, de gros blocs, d'un bleu éclatant, se détachent, et bientôt des ruisseaux limpides s'écoulent de toutes parts, ils se rejoignent, et les fleuves, sous leur puissante impulsion, roulent plus rapidement leurs ondes vers la mer.

Quelle est dont la force qui anime ces moulins qui broient le blé pour la consommation quotidienne du géant parisien ? qui donc fait mouvoir ces roues, ces engrenages, ces meules ? qui donc, si ce n'est encore la chaleur du soleil ? Qui donc amène à Paris les lourds bateaux chargés des pierres de la haute Seine, les trains de bois de l'Yonne et de la Nièvre, si ce n'est encore la chaleur solaire qui alimente les sources des pays montagneux ? Sous sa puissante impulsion, l'eau devient mobile : au lieu de ramper péniblement, elle vole, de reptile devient oiseau, et, s'élevant de l'Océan, elle s'abandonne à la brise, qui la conduit vers l'intérieur des

[1] Voyez plus haut : *les Hautes régions de l'atmosphère*.

terres ; là, une métamorphose inverse s'accomplit : sous l'influence du froid, l'oiseau replie ses ailes, retombe sur la terre, et, comme un long serpent, la rivière fait miroiter ses replis argentés dans la plaine qu'elle féconde. Aussi bien que les pluies, les fleuves sont donc encore une manifestation de la chaleur du soleil, dans laquelle nous retrouvons ainsi l'origine de tous les mouvements qui se manifestent sur le globe.

III

La force contenue dans la houille provient de la chaleur solaire. — Décomposition de l'acide carbonique par les végétaux. — Absorption de chaleur. — Combustion. — Dégagement de la chaleur solaire.

C'est encore cette chaleur solaire que nous dégageons dans nos foyers, c'est elle qui petille dans l'âtre, qui réchauffe nos membres engourdis par le froid, ou qui, accumulée dans la houille, donne la vie à nos machines et les anime d'une force invincible.

Il est un principe admis aujourd'hui par la science et qui est évident par lui-même : quand deux corps se combinent, ils dégagent de la chaleur ; la chaleur dégagée pendant la combinaison est égale à la chaleur absorbée pendant la décomposition. Lorsque la combinaison qui s'est produite se détruit, lorsque les deux corps d'abord réunis se séparent, il se manifeste une absorption de chaleur précisément égale au dégagement qui a eu lieu dans le premier cas. Quand nous brûlons du charbon, nous dégageons une énorme quantité de chaleur, l'oxygène de l'air et le charbon s'unissent : il se forme de l'acide carbonique ; réciproquement, quand l'acide carbonique se décompose et que ces deux éléments se séparent, il se fait une absorption de chaleur précisément égale au dégagement précédent. Ainsi, nous n'admettons pas que la chaleur soit créée au moment de la combustion, elle existe tout entière dans le charbon et dans l'oxygène ; de telle sorte que rechercher l'origine de la chaleur dégagée pendant la combustion, c'est vouloir pénétrer le mode même de formation du carbone et l'origine des masses de combustibles que recèle la croûte terrestre.

Tous les végétaux renferment une quantité considérable de carbone ; quelle que soit la partie d'une plante qu'on calcine en vase clos, on obtient toujours un résidu notable de charbon. Quelle en

est l'origine? Le sol d'une forêt, à coup sûr, ne renferme pas la centième partie du charbon qui existe dans la futaie, dont les hautes colonnes s'élancent droites, élevant leur chapiteau de feuillage jusqu'aux cimes, où il peut atteindre la lumière du soleil. L'origine du carbone que renferme cette futaie n'est donc pas dans le sol qui la porte. Des expériences précises, au reste, le démontrent. Il est possible de faire végéter, dans des sols absolument stériles, des plantes qui, bien qu'affectant les dimensions les plus réduites, finissent cependant par renfermer une quantité de carbone supérieure à celle qui existe dans la graine. Puisque le sol qui les portait, l'eau qui les humectait ne renfermaient pas de charbon, il faut que ce charbon existe dans l'air, et, en effet, on trouve toujours dans notre atmosphère de 4 à 6 dix millièmes d'acide carbonique.

La découverte de la fixation du carbone par la végétation est une des plus importantes qu'ait faites la science. Ébauchée par Bonnet, largement esquissée par Priestley, par Ingen-Houz et Senebier, reprise par Th. de Saussure, les études qu'elle comporte ont été enfin, dans ces derniers temps, éclairées encore par M. Boussingault.

« Au commencement de l'été de 1749, dit le naturaliste génevois Bonnet, j'introduisis, dans des poudriers pleins d'eau, des rameaux de vigne... Dès que le soleil commença à échauffer l'eau des vases, je vis paraître sur les feuilles des rameaux beaucoup de bulles semblables à de petites perles. J'en observai aussi, mais en moindre quantité, sur les pédicules et sur les tiges... » C'est ainsi que, pour la première fois, fut constatée une émission de gaz par les végétaux. Quelques années plus tard, Priestley fit sa mémorable expérience, qu'il relate en termes dignes d'être cités : « J'ai eu le bonheur, dit-il, de trouver par hasard une méthode de rétablir l'air altéré par la combustion des chandelles, et de découvrir au moins une des ressources que la nature emploie à ce grand dessein : c'est la végétation. On serait porté à croire que, puisque l'air commun est nécessaire à la vie végétale aussi bien qu'à la vie animale, les plantes et les animaux devraient l'affecter de la même manière. Et j'avoue que je m'attendais au même effet la première fois que je mis une tige de menthe dans une jarre de verre renversée sur l'eau. Mais, après qu'elle y eut poussé quelques mois, je trouvai que l'air n'éteignait point la chandelle, et

qu'il n'était pas nuisible à une souris que j'y exposai... Le 17 août 1771, je mis un pot de menthe dans une quantité d'air dans laquelle une bougie avait cessé de brûler, et je trouvai que, le 27 du même mois, une autre bougie pouvait y brûler parfaitement bien. Je répétai cette expérience, sans la moindre variation dans le résultat, jusqu'à huit ou dix fois pendant le reste de l'été. »

Ainsi, tandis que la respiration des animaux et la combustion des matières carbonées lancent dans l'air des quantités notables de gaz irrespirable, d'acide carbonique, les végétaux, par une action précisément inverse, décomposent cet acide carbonique et ramènent l'atmosphère à sa pureté primitive. « Le tort que font continuellement à l'atmosphère, ajoute Priestley en terminant, la respiration des animaux et la putréfaction de tant de masses de matières animales et végétales, est réparé, du moins en partie, par la création végétale... et si l'on considère la profusion immense de végétaux qui croissent sur la surface de la terre, on ne peut s'empêcher de convenir que tout est compensé, et que le remède est proportionné au mal. » Dans quelles circonstances se fait cette purification de l'atmosphère? C'est ce que ne sut jamais Priestley; il n'était même pas maître de reproduire à volonté le phénomène important dont il avait été témoin d'abord, et, à la fin de sa vie, il émit lui-même quelques doutes sur l'exactitude de cette admirable découverte. D'autres, mieux avisés, la répétèrent et trouvèrent les conditions dans lesquelles s'exécute la décomposition de l'acide carbonique par la végétation. La gloire en revient à Ingen-Houz, qui, en 1780, montra que la décomposition a lieu sous l'influence de la lumière solaire; que c'est seulement lorsque les feuilles sont éclairées qu'elles décomposent l'acide carbonique et fixent le charbon en dégageant l'oxygène. Sennebier et Th. de Saussure, précisant les travaux précédents, montrèrent nettement que l'oxygène dégagé provient bien de l'acide carbonique qui a été mis en contact avec la plante. Dans des expériences plus récentes, MM. Cloëz et Gratiolet, en étudiant les dégagements de gaz produits par les plantes immergées, trouvèrent, comme Th. de Saussure, mais en moins grande quantité que lui, une certaine proportion d'azote mêlée avec l'oxygène dégagé. M. Boussingault, qui a étudié avec tant de zèle tout ce qui touche à l'assimilation de l'azote par les végétaux, reprit enfin la question, et publia, en

1862, un Mémoire important sur ce sujet. Il en résultait nettement que le volume d'oxygène dégagé était presque parfaitement égal au volume d'acide carbonique décomposé. Quant à l'azote dégagé, il provient, non pas du tissu de la plante, mais de l'air qui se trouvait en dissolution dans l'eau où les plantes ont végété.

Ainsi, le fait est constant : sous l'influence de la lumière solaire, les végétaux décomposent l'acide carbonique, dégagent de l'oxygène et fixent du charbon. Si nous revenons maintenant sur la loi posée plus haut, nous en concluons qu'au moment où les végétaux décomposent l'acide carbonique, il a dû se faire une absorption de chaleur considérable. Pour que deux corps d'abord unis se séparent, pour que leurs molécules, d'abord soudées, soient écartées au point qu'elles ne puissent plus s'unir, il faut, nous l'avons dit, qu'une force intervienne, il faut dépenser autant de force qu'on en recueillera dans l'opération inverse de la combinaison. Cette force qui sépare ainsi les molécules d'oxygène et de charbon, c'est la chaleur du soleil; c'est elle qui intervient encore, c'est elle qui isole le charbon, qui le réduit et le rend propre à donner de nouvelles combinaisons en dégageant toute la chaleur qu'elle lui a fournie au moment de sa décomposition.

Ainsi, la chaleur de nos foyers, c'est la chaleur du soleil; la chaleur de nos usines, c'est encore la chaleur du soleil, car la houille, on le sait, provient de la décomposition des végétaux fossiles.

On ne trouve, dans les terrains primitifs qui formèrent la première surface dure, rocheuse, cristallisée du globe, aucune trace de charbon; il n'aurait pu, au reste, y exister en liberté, la température était énorme, l'oxygène en quantité plus considérable qu'aujourd'hui : car des proportions notables de ce gaz ont dû être absorbées par l'oxydation de toutes les matières ignées qui surgissaient à la surface; aussi dans l'atmosphère primitive de la terre, avec la masse immense de vapeur qui, condensée aujourd'hui, couvre les trois quarts du globe, se trouvait tout l'acide carbonique. Quand la température baissa par suite du rayonnement de notre globe incandescent, roulant au travers des espaces planétaires, aussi froids sans doute qu'aujourd'hui, l'eau se condensa, entraînant avec elle tout l'acide carbonique qu'elle pouvait dissoudre;

vaporisées par le contact de la surface encore chaude avec laquelle elles étaient en contact, les eaux, condensées de nouveau, commencèrent bientôt à exercer, sur la surface cristallisée et rocheuse, leur action corrosive, et les premiers terrains de sédiment prirent naissance.

Comment apparurent les premiers êtres vivants, comment furent engendrés les algues, les fucus, les varechs qui peuplèrent les mers primitives, c'est là un mystère que la science ne pénétrera peut-être jamais; mais, dès cette époque, les premiers végétaux durent commencer la mission qu'ils paraissent destinés à remplir ici-bas : purifier l'atmosphère, accumuler de la chaleur. Ce sont ces végétaux marins qui, décomposés plus tard dans quelques-unes des révolutions du globe, formèrent les anthracites. Les terrains cambriens, siluriens et devoniens qu'on retrouve en Angleterre, renferment des gisements de graphite et d'anthracite dont la structure uniforme, l'homogénéité rappellent bien l'organisation simple des varechs qui leur ont donné naissance. On pourrait révoquer en doute cette explication, à cause de l'immensité des forêts sous-marines que suppose l'abondance des dépôts, si on ne savait que notre mer actuelle présente encore de ces bancs d'algues d'une énorme étendue. Le plus célèbre (la mer de Sargassum), à côté duquel passent tous les voyageurs qui vont d'Europe en Amérique, est situé entre les Açores, les Canaries et les îles du Cap-Vert ; il présente une superficie qui dépasse sept fois celle de la France ; les algues y sont serrées au point de retarder la marche d'un navire.

Bientôt enfin s'ouvre la grande période de la purification de l'atmosphère par les végétaux : la période houillère, où s'accumula sur la terre une énorme quantité de chaleur solaire, comme mise en réserve pour les besoins futurs de l'humanité. Il est donc évident pour nous que toute la chaleur que fournissent le bois et la houille est, en définitive, de la chaleur solaire emmagasinée, et nous allons comprendre aisément comment toute la force employée dans nos machines à feu provient encore de la chaleur solaire. Dans une de nos machines, en effet, il n'est pas de travail utile produit sans qu'il y ait, du même coup, de chaleur consommée. Il suffit de réfléchir un instant à la cause qui met en mouvement un train pesamment chargé, pour voir qu'en définitive il s'y consomme de la chaleur et qu'il s'y produit un travail énorme, et

qu'il doit y avoir une relation entre la chaleur dégagée et le travail produit. Cette vérité, entrevue d'abord par Sadi Carnot et par Seguin, a été mise en relief par M. Mayer d'Helbroon. Prenons, pour bien concevoir cette proposition fondamentale, une machine à vapeur très-simple; une chaudière, placée sur un foyer, communique avec un corps de pompe dans lequel se meut un piston, celui-ci transmet son mouvement à un balancier qui doit exécuter un travail, soulever le piston d'une pompe d'épuisement, par exemple. La machine fonctionne, la vapeur pénètre dans le corps de pompe, soulève le piston; elle accomplit un certain travail; on sait que, pour rendre son mouvement continu, il faut maintenant faire disparaître la vapeur placée sous le piston afin que, pressé sur sa face supérieure par une nouvelle introduction de vapeur, le piston redescende. Dans les machines fixes, on se débarrasse généralement de la vapeur qui a travaillé, qui a poussé le piston, en la condensant dans un vase renfermant de l'eau froide, et nommé, d'après son usage, condenseur. Si la vapeur, qui arrive dans le condenseur après avoir accompli un certain travail, après avoir soulevé le piston, est à la même température que celle qui sort directement de la chaudière, il nous faut reconnaître que nous avons trouvé le mouvement perpétuel, puisqu'un travail utile, transmis par le soulèvement d'un piston jusqu'à une certaine masse d'eau qui a été élevée au-dessus de son niveau, s'est fait sans aucune déperdition; ainsi, *à priori*, si on répugne à l'idée que de rien puisse naître quelque chose, il faut que la vapeur qui a travaillé se soit refroidie; et si, en effet, on mesure sa température, on la trouve très-inférieure à ce qu'elle avait dans la chaudière. Ainsi, c'est là le point essentiel, il y a eu travail produit et, du même coup, chaleur consommée. On peut même, sans thermomètre, reconnaître cet abaissement de température; il suffit pour cela d'observer ce qui se passe dans un cylindre en cuivre terminé par deux plaques de verre bien transparentes, quoique très-épaisses, qui permettent de regarder au travers de l'appareil. On peut mettre en communication ce cylindre, d'une part avec la chaudière d'une machine à vapeur, de l'autre avec l'atmosphère. « Le robinet de communication avec l'atmosphère étant d'abord à peine entr'ouvert, on a établi au contraire complétement la communication avec la machine; la vapeur est arrivée, a chassé l'air de l'appareil, en a échauffé les parois, et a fini par le remplir

en conservant l'état de vapeur saturée et sèche. Le cylindre a été alors aussi transparent que lorsqu'il était rempli d'air ordinaire. A ce moment, on a ouvert le robinet de communication avec l'atmosphère ; la vapeur s'est échappée rapidement et s'est, par là même, détendue. Au même instant, à l'intérieur, un nuage s'est formé, à la transparence a succédé l'opacité la plus complète, et la condensation dont la détente est accompagnée est devenue pour ainsi dire visible à l'observateur. »

Dans cette expérience de M. Hirn, citée par M. Verdet dans les deux leçons qu'il a faites en 1862 devant la Société chimique et qui ont eu un retentissement considérable et mérité, dans cette expérience, disons-nous, on conçoit qu'au moment où la vapeur chasse l'air atmosphérique devant elle pour arriver à se mettre en équilibre de pression avec lui, elle exécute un travail ; ce travail se traduit par un refroidissement. Si on avait mis en communication le corps de pompe rempli de vapeur avec un espace absolument vide, il n'y aurait pas eu de travail produit, puisqu'il n'y avait pas d'air à déplacer, et par suite il n'y aurait pas eu consommation de chaleur, la vapeur ne se serait pas refroidie ; l'expérience a été faite par M. Joule, il y a déjà plusieurs années ; vérifiée depuis par M. Regnault, elle est devenue une des bases les plus solides de la nouvelle théorie mécanique de la chaleur. C'est le point essentiel qu'il s'agit de bien saisir. Un gaz ne se refroidit pas parce qu'il se dilate, mais bien parce qu'il travaille ; si un gaz saturé de vapeur et soumis à une pression considérable est mis brusquement en communication avec l'atmosphère, il se refroidit, car il est obligé de pousser les molécules extérieures qui lui barrent le passage. La seule dépense qu'il puisse faire pour exécuter ce travail est la consommation de la chaleur qu'il renferme : aussi il se refroidit. « Sir H. Davy rappelle dans sa *Philosophie chimique* ce qu'on peut observer à la fameuse machine de Schemnitz, en Hongrie, dans laquelle l'air est comprimé par une colonne d'eau de 80 mètres de hauteur. Lorsqu'on ouvre un robinet pour permettre à l'air de s'échapper, il se produit un froid qui non-seulement précipite la vapeur dissoute dans l'air, mais la force à se coaguler sous forme de pluie de neige, tandis que le tube d'où l'air s'échappe se couvre de glaçons [1]. » Si on met cet

[1] John Tyndall, p. 32.

air comprimé en contact avec un vase absolument vide, nous le répétons, l'expérience a été faite, sa température ne change pas; car, dans ce cas, l'air s'est dilaté, il n'a pas travaillé : il a pénétré dans l'espace vide, sans rien refouler devant lui. L'effet de condensation observé dans la vapeur quand elle exécute comme seul travail la poussée de l'air extérieur, est encore plus considérable quand elle doit mouvoir un piston, lié à une résistance à surmonter; aussi a-t-on été obligé d'entourer les corps de pompe des machines d'une enveloppe chauffée pour empêcher la vapeur qui a travaillé de se refroidir au point de se condenser dans le corps de pompe lui-même, car cette vapeur condensée fonctionnerait comme l'eau du condenseur lui-même et, refroidissant la vapeur qui arrive de la chaudière, diminuerait la force vive qu'elle recèle.

La houille ne doit donc plus nous apparaître seulement comme un réservoir de chaleur, mais encore comme un réservoir de force. On s'est livré sur ce sujet à des calculs curieux. On extrait annuellement des mines de l'Angleterre 86 millions de tonnes de charbon. La quantité de force mécanique représentée par cette masse de combustible est vraiment fabuleuse. La combustion d'un seul kilogramme de charbon, en supposant qu'elle eût lieu dans une minute, serait équivalente au travail de 600 chevaux, et, si nous supposons que 108 millions de chevaux travaillent jour et nuit avec une énergie toujours la même pendant une année, leurs efforts réunis auraient pour résultat une quantité de travail justement égale à celle que le produit annuel des houillères anglaises mettrait à même d'accomplir.

Ainsi nous concevons bien que la chaleur puisse engendrer le mouvement; nous concevons que, dans une machine à vapeur, si nous ne retrouvons pas toute la chaleur que nous avons dépensée, sous la forme primitive, c'est qu'une partie s'est métamorphosée en travail mécanique. Les forces physiques ne se détruisent donc pas plus que les corps graves; mais, ainsi que nous l'avons dit déjà, tandis qu'un principe matériel se retrouve toujours au même état, c'est-à-dire que si dans une opération chimique on a employé un certain poids de fer ou de plomb, on retrouvera libre ou combiné, quand l'opération sera terminée, la même quantité de fer ou de plomb; il n'en sera plus de même de la chaleur, elle se transformera; une certaine quantité de chaleur équivaut à un

certain travail mécanique. Si dans une opération on a dépensé une certaine quantité de chaleur, on ne recueillera totalement cette chaleur qu'à la condition qu'il n'y aura pas de travail produit ; s'il y a travail au contraire, celui-ci représentera ce qui, pendant l'opération, a disparu de la chaleur primitive. On conçoit, enfin, que si on a transformé de la chaleur en travail, il soit possible de transformer réciproquement du travail en chaleur. Les observations de ce phénomène sont déjà fort anciennes. Rumfort le premier a fait sur ce sujet une expérience remarquable ; plaçant dans un vase rempli d'eau une plaque métallique, il a fait tourner pardessus un anneau qui ne pouvait se déplacer qu'en frottant énergiquement contre la surface de la plaque ; l'eau a été échauffée par ce frottement jusqu'à entrer en ébullition. « Il serait difficile, dit-il, de décrire la surprise et l'étonnement exprimé par le visage des assistants à la vue d'une si grande quantité d'eau chauffée et rendue bouillante sans le moindre feu. Quoique dans le résultat il n'y eût rien de bien extraordinaire, je reconnais franchement qu'elle me causa un plaisir enfantin tellement grand, que j'aurais dû certainement le cacher et non le laisser paraître, si j'avais ambitionné la réputation d'un grave philosophe[1]. » Un train est lancé à toute vitesse : la chaleur se transforme en travail mécanique ; mais qu'on veuille l'arrêter, qu'on serre les freins, il va se produire un frottement énergique, les roues et le frein vont s'échauffer : le travail donnera naissance à de la chaleur ; qu'on frappe violemment sur une balle de plomb : le mouvement du marteau est arrêté par la balle de plomb, la force n'est pas détruite, mais bien transformée en chaleur, et la balle s'échauffe considérablement; quand un morceau de fer frappe contre un silex, la température s'élève encore, au point que les petits morceaux de fer enlevés par le frottement soient assez chauds pour brûler.

Ainsi le travail mécanique que nous employons consomme de la chaleur ; la machine à vapeur ne fonctionne que par la transformation de la chaleur en mouvement cette chaleur ; est due à la combustion du carbone ; le carbone n'existe sur le globe que condensé, réduit par le règne végétal, et enfin cette réduction, cette condensation a lieu seulement sous l'influence de la chaleur

[1] Rumfort, *Essais*, vol. II, p. 484, cité par Tyndall, *la Chaleur*, p. 12.

solaire qui se trouve emmagasinée dans le charbon. De même que le soleil est la cause du vent qui pousse d'un pôle à l'autre les bâtiments qui sillonnent la mer ; de même que le soleil est l'origine du mouvement de l'eau qui redescend des hauteurs vers la mer, portant sur son passage la vie et la fertilité ; de même le soleil est encore la source de chaleur dépensée pendant la combustion du carbone, chaleur qui, transformée en mouvement, anime toutes les machines thermiques qui fonctionnent sur la terre.

IV

La force musculaire provient de la chaleur solaire. — Détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur.

N'est-ce pas enfin cette chaleur emmagasinée dans le charbon qui permet aux animaux d'exécuter tous les travaux auxquels ils sont employés ? Un des plus beaux titres de gloire de Lavoisier a été de montrer que l'animal est un appareil à combustion, que ses aliments renferment du charbon et de l'hydrogène, qui, brûlés dans l'organisme au moyen de l'oxygène atmosphérique, produisent de la chaleur comme ils en produiraient dans un appareil thermique ordinaire. L'un des buts les plus importants de la nutrition est d'introduire, dans le sang, des matières combustibles, matières amylacées, matières grasses, etc., qui, soumises à l'action de l'oxygène, se consument, produisent de l'eau et de l'acide carbonique, rejetés au dehors à chaque expiration. Des travaux récents, dus à M. Pasteur, ont même fait pénétrer plus profondément dans la connaissance des moyens que la nature met en œuvre pour cette combustion. Dans les études qu'il poursuit sur la fermentation, M. Pasteur a été conduit à examiner la fermentation acétique, celle qui transforme l'alcool du vin en vinaigre, en acide acétique ; il a vu qu'elle se produisait sous l'influence d'un petit végétal microscopique, nommé *mycoderma aceti*, formé de petits globules qui paraissent être doués de la faculté de condenser l'oxygène, d'exalter ses propriétés comburantes, de l'amener à un état tel qu'il puisse exercer sur l'alcool son action. L'alcool et l'oxygène, en présence de ce mycoderme, agissent l'un sur l'autre de la même façon que lorsqu'ils sont réunis au contact de cette poudre très-fine, le *noir de platine*, qu'on obtient

en décomposant quelques-uns des composés du platine. Les corps poreux favorisent l'action comburante de l'oxygène dans des vases inertes, et ils produisent un effet semblable dans l'acte respiratoire; l'agent ici, ce n'est plus le noir de platine, ni le mycoderma aceti, ce sont les globules du sang, corps poreux à fonctions analogues, qui excitent et favorisent la combustion et portent l'oxygène, dont ils se chargent dans les poumons, sur les matières hydrocarbonées qu'a introduites dans le sang l'alimentation.

Cette combustion est donc la cause de la chaleur animale, c'est aussi celle du mouvement des animaux. Les animaux développent de la chaleur et se meuvent parce qu'ils ont un appareil à combustion. Plus seront puissants leurs efforts musculaires, plus sera considérable la dépense de combustible de leur machine. Lavoisier n'avait pas nettement l'idée que le fluide engendré par les actions chimiques peut apparaître comme chaleur et mouvement complémentaires l'un de l'autre; mais il avait vu cependant que la quantité d'oxygène consommé par un homme en mouvement est plus grande que celle que consomme un homme en repos ; il en avait conclu à une liaison entre le travail musculaire et l'énergie respiratoire; mais c'est seulement M. Mayer qui, en 1845, a bien compris que la chaleur et le travail animal étaient complémentaires l'un de l'autre, que tout ce qui apparaît sous forme de travail disparaît sous forme de chaleur. Cette proposition semble, au premier abord, paradoxale; l'expérience nous apprend chaque jour, en effet, qu'un travail musculaire un peu prolongé détermine une élévation de température considérable ; aussi, pour arriver à une notion exacte, convient-il en même temps de tenir compte de l'activité respiratoire qui accompagne le repos et l'exercice.

M. Hirn a tenté l'expérience. Un homme est enfermé dans une chambrette où il est possible de faire arriver de l'air pur, en même temps qu'on peut extraire l'air vicié par la respiration ; des thermomètres indiquent en même temps la chaleur dégagée par le sujet en expérience pendant qu'il séjourne dans la chambre. Durant la première partie de l'expérience, l'homme reste en repos: on note l'élévation de température de la chambre et la quantité d'air consommé ; ensuite l'homme exécute un mouvement, il soulève un poids, par exemple, à de nombreuses reprises différentes, il s'échauffe durant ce travail, sans doute la température de la

chambre s'élève ; mais si on note la quantité d'air consommé, on voit que celle-ci est beaucoup plus considérable que dans le premier cas. Ainsi l'expérience enseigne que lorsque le sujet est en mouvement, la quantité d'air consommé est beaucoup plus grande pour une quantité déterminée de chaleur produite, de telle sorte qu'il faut forcément qu'une certaine quantité de chaleur ait été consommée à l'état de travail, car on ne peut admettre que le charbon et l'hydrogène brûlés pendant la respiration dégagent plus de chaleur à un moment qu'à un autre. On appelle en physique *calorie* la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, et M. Hirn trouva dans ses expériences que, pour un gramme d'oxygène consommé, l'homme dégageait au repos environ cinq calories et demie, tandis que, lorsqu'il travaillait, pour un gramme d'oxygène consommé il n'était plus émis dans l'enceinte que deux calories et demie environ. Ainsi, dans le second cas, une partie notable de la force produite par l'action chimique respiratoire s'était manifestée sous forme de travail mécanique ; la partie de la chaleur consommée qui ne se retrouve pas *équivaut* donc au travail produit, et on conçoit qu'il soit possible de trouver là une méthode pour savoir quelle dépense de chaleur représente un travail donné ; mais, pour faire cette mesure délicate, il est un moyen plus précis employé par M. Joule, par M. Hirn et par plusieurs autres expérimentateurs.

Si on examine quel est le travail moteur d'une machine et quel est son travail utile, on trouve qu'il n'y a jamais égalité entre les deux. Cette perte, reconnue depuis longtemps, était attribuée au frottement des diverses parties de l'appareil les unes contre les autres. Or, ce frottement développe de la chaleur, et cette chaleur dégagée est précisément l'équivalent du travail perdu ; elle représente la différence qui existe entre le travail moteur et le travail utile. En étudiant avec soin la quantité de chaleur développée par un travail déterminé, on a pu déterminer le rapport qui existe entre la force capable d'élever à un mètre un certain poids et la chaleur nécessaire pour échauffer une certaine quantité d'eau. Il a trouvé ainsi que, pour élever la température d'un kilogramme d'eau de 0 à 1°, il faut dépenser une quantité de chaleur qui, utilisée dans une machine, serait capable d'élever à une hauteur d'un mètre 425 kilogrammes. Cette mesure, vérifiée

par un grand nombre d'observateurs, est aujourd'hui admise. Ainsi 425 représente l'équivalent mécanique de la chaleur[1].

V

Origine de la chaleur solaire. — Idées de Mayer.

Toutes les forces utilisées sur la terre, nous le voyons nettement aujourd'hui, dérivent du soleil. Quelle est donc cette chaleur solaire, source de tous les mouvements qui s'exécutent ici-bas, quelle est son origine, son intensité, sa cause? Comment le soleil peut-il retrouver à chaque instant l'immense quantité de chaleur qu'il dépense? Telles sont les questions qui se posent naturellement, et auxquelles nous devons nous efforcer de répondre.

Sir John Herschell, au cap de Bonne-Espérance, M. Pouillet, à Paris, ont essayé de mesurer l'intensité calorique du soleil; ils ont voulu chiffrer la chaleur que reçoit journellement le globe. Leurs résultats sont très-voisins l'un de l'autre, et, en prenant une moyenne entre les nombres qu'ils ont donnés, on doit être fort près de la vérité. Un soleil vertical, agissant sur une surface de

[1] Nous ne pouvons pas, dans cette étude, avoir la prétention de donner un historique de la découverte du principe de l'équivalence de la chaleur et du travail mécanique. Le lecteur consultera avec fruit sur ce sujet les deux excellentes leçons de M. Verdet, publiées dans le *Recueil de la Société chimique, pour* 1862; M. Tyndall indique aussi à différentes reprises, dans son ouvrage, les titres de M. Mayer; enfin, les *Annales de chimie et de physique* (cahier d'avril 1864) viennent d'insérer une traduction de M. Verdet d'une lettre de M. Coldings, savant danois, qui indique comment, dès 1843, il a été conduit à formuler ses idées sur la transformation des forces physiques les unes dans les autres; le lecteur nous permettra, sans doute, de lui mettre sous les yeux un des paragraphes de cette lettre, qui montre combien sont variés les chemins que suit l'esprit humain pour arriver à la vérité :

« Puisque les forces sont des êtres spirituels et immatériels, puisque ce sont des entités qui ne nous sont connues que par leur empire sur la nature, ces entités doivent être sans doute très-supérieures à toute chose matérielle existante; et comme il est évident que c'est par les forces seulement que s'exprime la sagesse que nous apercevons et que nous admirons dans la nature, ces puissances doivent être en relation avec la puissance spirituelle, immatérielle et intellectuelle elle-même, qui guide le progrès de la nature; mais s'il en est ainsi, il est absolument impossible de concevoir que ces forces soient quelque chose de mortel ou de périssable. Sans aucun doute, par conséquent, elles doivent être regardées comme absolument impérissables. »

glace placée au niveau de la mer, en fondrait par minute une hauteur de $0^{mil},1756$ d'après M. Pouillet, $0^{mil},1955$ d'après sir John Herschell. On peut donc admettre, sans crainte d'erreur sensible, que le soleil fondrait, en une minute, $0^{mil},1850$, ou, en une heure, une hauteur d'un centimètre de glace. Mais la terre ne reçoit qu'une très-mince fraction de la chaleur rayonnée par le soleil. En effet, l'étude mathématique du rayonnement calorifique montre qu'une source de chaleur disperse son fluide également dans toutes les directions. Cette considération nous permet de trouver la quantité de chaleur rayonnée annuellement par le soleil. « Concevons une sphère creuse environnant le soleil, dont le centre soit le centre du soleil et dont la surface soit à la distance de la terre au soleil. La section de la terre, coupée par cette surface, est à la superficie totale de la sphère creuse comme 1 : 2,500,000,000, d'où il suit que la quantité de chaleur solaire interceptée par la terre n'est que de 1/2,500,000e du rayonnement total.

Si la chaleur émise par le soleil était employée à fondre une couche de glace déposée à la surface du soleil, elle liquéfierait cette glace dans la proportion d'une épaisseur de 732 mètres par heure. Elle ferait bouillir, par heure, 2,900,000,000 de myriamètres cubes d'eau à la température de la glace. Exprimée sous une autre forme, la chaleur émise par le soleil en une heure est égale à celle qui serait engendrée par la combustion d'une couche de houille épaisse de trois mètres et entourant entièrement le soleil. La chaleur émise par lui en un an est égale à celle qui serait produite par la combustion d'une couche de houille de 27 kilomètres d'épaisseur.

La chaleur dépensée à chaque instant par le soleil est donc immense, et les notions que nous avons aujourd'hui sur les forces nous conduisent à opter entre les deux hypothèses suivantes : Ou bien le soleil, rayonnant continuellement une énorme quantité de chaleur, sans avoir le moyen de réparer ses pertes, se refroidit, et, bien que nous ne puissions encore constater ce refroidissement continu, il n'en existe pas moins, et, dans un temps plus ou moins éloigné, la terre, ne recevant plus sa provision de chaleur quotidienne, se refroidira elle-même peu à peu ; sous l'influence d'hivers de plus en plus rigoureux, les glaces étendront leur domaine, et nos fertiles contrées désolées deviendront désertes comme

les plaines neigeuses du Groenland; ou bien, le soleil répare à chaque instant ses pertes, le carquois d'Apollon est inépuisable, et une cause occulte, qu'il faut nous efforcer de pénétrer, renouvelle constamment ses traits de feu.

Examinons d'abord la première hypothèse : le soleil est un globe incandescent en voie de refroidissement. L'origine de sa chaleur nous échappe, comme l'origine de toute chose; mais il nous serait possible de calculer la vitesse de ce refroidissement d'après la quantité de chaleur dépensée chaque jour, si nous connaissions la capacité spécifique du soleil, c'est-à-dire la facilité qu'il a d'emmagasiner la chaleur. Il est bien évident, en effet, que, si le soleil était analogue à une boule métallique, il se refroidirait avec une vitesse incomparablement plus grande que s'il a une capacité calorifique plus considérable. Prenons le cas le plus favorable : donnons à la masse solaire une capacité calorifique égale à celle de l'eau, la plus considérable que nous connaissions. Eh bien, dans ces conditions, la masse totale du soleil se refroidirait de 8500° en cinq mille ans. Le soleil n'aurait donc, en réalité, qu'une existence très-éphémère et tout à fait en désaccord avec ce que nous pouvons presque affirmer sur l'antiquité de notre globe terrestre. En un mot, si le soleil est formé de matières semblables à celles de la terre, il faut absolument qu'il ait un moyen quelconque de réparer ses pertes : il ne peut subvenir à sa dépense continuelle qu'en récupérant la force qu'il distribue journellement avec une prodigalité toute royale.

Le soleil est-il une masse incandescente formée d'une matière combustible qui brûle sous l'influence d'un corps comburant, comme le charbon brûle dans nos foyers? Nous savons aujourd'hui qu'en admettant cette hypothèse, nous reculons seulement la difficulté sans la résoudre, car il faudrait savoir d'où provient la chaleur que renfermait cette masse énorme de combustible; mais sans nous préoccuper de cette difficulté, il va nous être facile de reconnaître que cette hypothèse ne repose sur aucun fondement. Si, en effet, le soleil était un bloc de houille et qu'on l'approvisionnât d'oxygène au point de le rendre capable de brûler au degré nécessaire pour produire la radiation observée, il serait entièrement consumé en cinq mille ans. Au reste, il nous est aujourd'hui possible d'affirmer que la cause de la chaleur solaire n'est pas une combustion, car les admirables travaux des savants d'Heidelberg

sur l'analyse spectrale nous ont permis de constater dans le soleil la présence de certains métaux, notamment du sodium, et l'observation très-importante de M. A. Mitscherlich nous a montré, de plus, que ce sodium existait dans le soleil à l'état isolé, qu'il n'y était pas en combinaison. Il faut donc conclure ou bien que le soleil ne renferme pas d'éléments comburants analogues à ceux qui existent ici-bas, et que l'atmosphère de l'astre qui nous éclaire ne renferme ni oxygène, ni soufre, ni chlore, ni brôme, etc., qui pourraient s'unir au sodium et le faire entrer en combinaison, ou bien que la température du soleil est à un degré tel, que cette combinaison ne peut avoir lieu ; nous savons, en effet, que si la chaleur est à un certain degré favorable à la combinaison, elle la détruit quand elle devient plus intense[1]. Quelle que soit, au reste, la cause de cette absence de combustion, elle n'en est pas moins certaine, et il nous faut encore chercher une autre cause pour expliquer la chaleur solaire,

Nous avons vu, dans le paragraphe précédent, que si la chaleur pouvait engendrer le travail mécanique, réciproquement le travail mécanique pouvait engendrer la chaleur ; nous avons appuyé sur ce fait connu de toute antiquité, que le frottement et le choc sont des sources de chaleur d'une puissance considérable. Qu'on aplatisse par le choc du marteau une balle de plomb, le mouvement sera détruit, mais de la chaleur sera produite ; qu'on fasse tomber d'une certaine hauteur une balle de plomb, puis qu'on la reçoive sur une surface résistante, la balle s'échauffera, son mouvement détruit se manifestera sous forme de chaleur, qui sera d'autant plus sensible que la vitesse imprimée à la balle sera plus grande, que, par conséquent, la force avec laquelle elle frappera sur la plaque résistante sera plus considérable.

« La vitesse communiquée par la pesanteur à un corps qui tombe de 424 mètres est en nombre rond de 91 mètres par seconde, c'est-à-dire que telle est la vitesse acquise au moment où le corps frappe la terre. Cinq fois cette quantité, ou 455 mètres par seconde, ne serait pas une vitesse extraordinaire pour une balle de carabine rayée. Mais une balle de carabine qui se mouvrait avec une vitesse de 91 mètres par seconde engendrerait, en frappant le but, une quantité de chaleur qui, en la supposant toute concentrée

[1] Voyez plus loin les *Hautes températures*.

dans la balle, élèverait sa température de 30°. Avec cinq fois cette vitesse, elle engendrerait vingt-cinq fois cette même quantité de chaleur, c'est-à-dire que vingt-cinq fois 30° ou 750° représenteraient l'élévation de température d'une balle de carabine frappant le but avec une vitesse de 455 mètres par seconde, si toute la chaleur restait à la balle. » Tous les tireurs qui ont ramassé une balle de pistolet qui venait de frapper une plaque de fonte, ont remarqué en effet qu'elle était sensiblement échauffée; tout le monde a vu aussi sortir les étincelles de deux silex violemment projetés l'un sur l'autre; ici encore, le mouvement s'est transformé en chaleur sensible. M. Foucault a imaginé un petit appareil qui permet de montrer, par l'expérience, cette transformation de mouvement en chaleur. Entre deux barres de fer doux, qui peuvent être subitement transformées en puissants aimants par le passage d'un courant électrique, tourne un disque de fer; son mouvement s'exécute sans difficulté d'abord, et il est à la température ordinaire; mais si on aimante les barres de fer, elles exercent une vive attraction sur le disque, qui s'arrête, et dont la température s'élève tout à coup au point qu'on ne pourrait y appliquer la main sans être cruellement brûlé.

Des effets analogues se produisent sur une plus grande échelle quand un aérolithe, par exemple, pénètre dans la sphère d'attraction de la terre, il est vivement attiré vers elle, son frottement contre l'air élève déjà considérablement sa température, au point que les métaux qui le constituent s'enflamment quelquefois; il arrive jusqu'à la surface terrestre, son mouvement est brusquement arrêté et sa température s'élève encore; dans tous les récits de chute de pierre, on remarque que les personnes inexpérimentées qui ont voulu saisir les blocs quelque temps après leur chute ont été sérieusement brûlées. Enfin, supposons pour un instant qu'au lieu d'arrêter subitement un aérolithe, nous arrêtions une masse énorme comme la terre, animée d'un mouvement d'une extrême rapidité, la quantité de chaleur dégagée sera immense. Mayer et Helmholtz ont fait le calcul : ils ont trouvé que la quantité de chaleur engendrée par cet arrêt subit, équivalant à un choc colossal, suffirait non-seulement pour fondre la terre entière, mais pour la réduire en grande partie en vapeur. « Ainsi, le seul arrêt brusque de la terre dans son orbite amènerait les éléments à l'état de fusion par une chaleur ardente. Et si, après l'extinction

de son mouvement, la terre, comme il arriverait nécessairement, allait tomber sur le soleil, la quantité de chaleur engendrée par ce nouveau choc serait égale à la chaleur développée par la combustion de 1,600 globes de charbon solide, égaux en volume à la terre. » Singulier résultat à coup sûr : la terre renferme en elle-même de quoi se détruire, de quoi faire jaillir dans l'espace tous les éléments qui la constituent; une seule condition suffirait pour que, subitement, toute sa masse pût se résoudre en vapeur; cette condition, c'est la cessation de son mouvement; que même ce mouvement diminue d'intensité, qu'une cause quelconque le retarde, et la terre peut devenir tout à coup assez chaude pour que tous les êtres vivants qui existent à sa surface périssent subitement.

C'est dans la chaleur énorme produite par le frottement et par le choc que Mayer a puisé son hypothèse relative à la cause qui maintient le soleil à sa haute température. Les espaces solaires sont peuplés de corps pondérables. Kepler l'a dit : « Il y a plus de comètes dans le ciel que de poissons dans l'Océan, » Les aérolithes qui circulent autour de notre terre sont en nombre immense. A certaines époques (le 10 août et le 13 novembre), ils apparaissent en nombre prodigieux. On cite une observation faite à Boston où les aérolithes pleuvaient comme des flocons de neige. Ces aérolithes tombent sur notre petite terre lorsque celle-ci passe assez près d'eux pour qu'ils arrivent dans sa sphère d'attraction ; le grand soleil exerçant son attraction à une distance infiniment plus considérable que la terre, doit être assailli par une nuée d'aérolithes auprès de laquelle la chute de Boston n'est qu'une rosée ; une masse qui frappe la terre est animée, nous l'avons dit, d'une vitesse considérable; mais la chute sur le soleil est déterminée par une attraction infiniment plus considérable, aussi la chaleur peut-elle être dans ce cas beaucoup plus grande que celle qui résulte du choc sur la surface terrestre. Supposons qu'un aérolithe tombe en ligne droite sur le soleil, venant d'une distance infinie; sa vitesse sera alors de 627 kilomètres par seconde (un train express faisant 15 lieues à l'heure ne parcourt que 160 mètres par seconde); on comprend dès lors quelle chaleur énorme produirait ce choc effroyable; elle serait plus de 9,000 fois celle que dégagerait en brûlant une masse de houille égale à celle de l'aérolithe.

Telle est, d'après Mayer, la cause de la chaleur solaire; rien

certainement ne démontre que cette hypothèse soit exacte, mais elle ne choque non plus aucune des connaissances que l'étude de la physique nous a données. Il y a même dans cette idée un caractère de grandeur fait pour émouvoir ; sur notre petit monde, nous voyons les animaux se détruire les uns les autres, se dévorer pour entretenir leur vie ; avec une implacable sérénité, la nature répète son éternel *væ victis*, malheur aux vaincus, mort aux faibles : broyés entre les mâchoires formidables des forts, ils périssent. Notre société possède des engrenages aussi terribles, qui déchirent et détruisent ceux qu'ils saisissent ; dans les mondes qui roulent sur nos têtes, nous entraînant dans leur course vertigineuse, il en est de même ; notre terre trône dans sa sphère : qu'une petite masse planétaire s'avance imprudemment, attirée vers la terre, elle est engloutie comme le papillon qui, séduit par le vif éclat d'une lumière, vient s'y brûler les ailes. Au centre de notre monde, le soleil, monstre énorme, se nourrit de même de toute la matière qui dans sa course se rapproche de lui ; animé d'un mouvement de plus en plus rapide, l'infortuné petit corps céleste tourne autour de l'astre dont la chaleur l'accable ; les cercles qu'il fait autour de la masse qui l'attire sont de plus en plus rapprochés ; il se précipite, il frappe violemment contre la surface qui l'attire, et de ce choc naît la chaleur, qui, amoindrie par la distance, est pour nous un bienfait.

Nous le répétons, M. Mayer n'a émis cette idée, aussi hardie qu'ingénieuse, que comme une hypothèse qui n'est en opposition avec aucun fait connu aujourd'hui, mais cette hypothèse a un caractère de grandeur qui n'échappera à personne ; la simple force d'attraction qui existe entre les corps célestes, qui détermine leurs mouvements, suffit alors pour donner l'origine de toutes les forces que nous voyons agir sur notre petit globe ; l'attraction détermine à chaque instant la chute sur le soleil d'innombrables aérolithes, leur mouvement subitement arrêté donne naissance à la chaleur solaire, de telle sorte que la force d'attraction qui détermine le mouvement de la terre dans son orbite serait aussi l'origine de tous les mouvements qui se produisent ici-bas.

P. P. Dehérain.

CHIMIE

I

LES HAUTES TEMPÉRATURES

« La chimie à haute température, à cette température que j'appellerai la *chaleur bleue*, à laquelle le platine se volatilise, la silice fond, et qui produit sur l'œil une sensation telle, que l'intérieur du brasier où elle règne a une teinte bleue bien prononcée ; la chimie à cette température est encore à étudier. » Ainsi disait M. H. Sainte-Claire Deville, il y a déjà plusieurs années[1] ; la suite lui a donné raison, et les études qu'il poursuit sur la production des températures élevées et sur les effets qu'elles exercent, excitent le plus vif intérêt ; aussi, la Société Chimique a-t-elle demandé à M. H. Deville de vouloir bien présenter, dans les deux seules leçons publiques qu'elle ait eu cette année, les résultats nouveaux auxquels il est arrivé.

L'exposé des méthodes employées aujourd'hui dans les laboratoires pour obtenir ces énormes dégagements de chaleur, le résumé des effets de filtration et de décomposition des gaz soumis à leur puissante action, sont l'objet de cet article, qui renferme encore un aperçu rapide des idées profondes et originales qu'a développées récemment M. Th. Graham sur les mouvements moléculaires des gaz.

[1] *Annales de chimie et de physique*, tome XLVI. 1856.

I

Diverses méthodes employées pour obtenir les hautes températures. — Principes sur lesquels reposent les nouveaux procédés. — Anciens appareils. — Instruments de M. H. Sainte-Claire Deville. — Chalumeaux à gaz oxygène et hydrogène. — Piles électriques.

La quantité de chaleur qu'un corps peut accumuler, et qui sera mesurée par la température à laquelle il atteindra, dépend non-seulement de l'énergie de la combustion, mais aussi de la faculté qu'aura le corps chauffé de conserver la chaleur qu'on lui communique; si, à chaque instant, le corps chauffé perd par rayonnement une quantité de chaleur égale à celle qu'il reçoit, il est clair que sa température ne pourra plus s'élever. Aussi, pour produire certains effets de fusion, de décomposition ou de combinaison, suffira-t-il parfois d'appliquer lentement, et d'une façon continue, une chaleur peu ardente, tandis qu'au contraire il faudra dans d'autres cas agir brusquement, et soumettre la matière à l'action intense des feux les plus vifs.

Il est donc nécessaire d'étudier rigoureusement les réactions qui se produisent pendant la combustion du charbon, le combustible par excellence, car la chaleur produite est loin d'être égale dans tous les points du fourneau dans lequel il brûle. Les travaux exécutés par Ébelmen sur les gaz extraits des diverses régions des hauts fourneaux destinés à la réduction des minerais de fer sont venus donner la raison du fait, connu depuis longtemps, de la rapide diminution de chaleur observée dans une longue colonne verticale de charbon, dont la combustion est alimentée par un courant d'air qui la pénètre à la partie inférieure. Tout le monde sait, en effet, que le charbon donne, en s'unissant à l'oxygène, deux gaz différents : l'un, l'acide carbonique, qui renferme le maximum d'oxygène, l'autre, l'oxyde de carbone, qui n'en contient qu'une plus faible quantité ; or, ces deux gaz peuvent se transformer facilement l'un dans l'autre. Lorsqu'on brûle l'oxyde de carbone dans un excès d'oxygène, et qu'on forme l'acide carbonique, on obtient un dégagement de chaleur très-considérable, beaucoup plus grand que celui qui aura lieu au moment où le charbon donnera, avec l'oxygène, la première combinaison oxyde de carbone. Si, au lieu de préparer l'oxyde de carbone par la combus-

tion directe du charbon dans l'oxygène on l'obtient en faisant passer de l'acide carbonique sur du charbon chauffé au rouge, il se manifeste un très-grand refroidissement.

Il est aisé d'en saisir la raison : une combinaison de charbon et d'oxygène prenant naissance, il y a certainement dégagement de chaleur, ainsi que cela a lieu toutes les fois que deux corps s'unissent ; mais d'abord l'expérience prouve, ainsi que nous venons de le voir, que le charbon brûlant, pour se transformer en oxyde de carbone, dégage une quantité de chaleur beaucoup moins grande que lorsqu'il se transforme en acide carbonique ; ainsi la quantité de chaleur dégagée est faible. Toutefois, pour que l'effet observé soit un abaissement de température, il faut que la quantité de chaleur absorbée soit au contraire très-grande : c'est d'abord toute la chaleur nécessaire pour volatiliser le charbon, qui passe de l'état solide à l'état gazeux. Les chimistes représentent cette transformation par l'équation suivante :

$$\underbrace{CO^2}_{\text{acide carbonique.}} + C = \underbrace{2\,CO}_{\text{oxyde de carbone.}}$$

dans laquelle on voit qu'une partie de charbon solide pénètre dans une combinaison gazeuse et non liquéfiable, combinaison qui absorbe au moment de sa formation une énorme quantité de chaleur latente. Au moment enfin où l'oxyde de carbone brûle, il dégage de la chaleur qui est précisément celle qu'il devra absorber au moment de sa formation ; ainsi, volatilisation du charbon, absorption de chaleur d'un gaz combustible, voilà les causes qui amènent le refroidissement.

Aussi, dans un fourneau alimenté par du charbon, trouve-t-on deux zones très-diverses : au point où l'air arrive sur le charbon rouge, où cet air est en excès, le charbon brûle et se transforme en acide carbonique, la température est très-élevée, mais à quelque distance, au-dessus l'acide carbonique produit se combine à l'excès de charbon, forme de l'oxyde de carbone, et le refroidissement est très-rapide ; il faudra donc, si l'on veut soumettre des matières à une température très-élevée, les placer dans cette zone peu épaisse, où règne la plus haute chaleur ; c'est ce qu'a fait M. H. Sainte-Claire Deville dans sa forge portative, où, pour produire le maximum de température, il brûle des petits frag

ments de charbon présentant une grande surface à l'action de l'air, notamment les escarbilles qu'on trouve dans les cendriers des foyers au coke. Malgré la belle flamme de deux mètres de haut qui brûle au-dessus de ces appareils, où le vent arrive autour du creuset par les trous percés circulairement dans la plaque de fonte qui forme la base du foyer, la température de la partie supérieure du four est relativement basse, la chaleur élevée ne règne que sur une hauteur de 7 ou 8 centimètres. « On s'en aperçoit en perçant à diverses hauteurs la paroi du fourneau. C'est alors surtout, quand il fait sombre, que la couleur bleue se manifeste visiblement, et caractérise bien ces hautes températures [1]. » Une des difficultés qu'on rencontre dans ces expériences, c'est la fusibilité des creusets ordinaires ; les seules matières qui résistent bien, sont le graphite et la chaux ; on a pu, à l'aide de la forge portative, fondre du platine dans de la chaux, et du sable quartzeux dans le graphite. Le cristal de roche s'est ramolli sans fondre complétement. L'alumine résiste et peut même servir à fabriquer les creusets.

Au lieu de brûler du charbon pur, on peut encore combiner l'oxygène atmosphérique avec les carbures d'hydrogène liquide, avec l'essence de térébentine ou l'alcool ; on obtient par ce moyen des températures capables de fondre facilement l'argent, les silicates et même de petites quantités de platine. Pour utiliser l'essence de térébentine, M. H. Deville a construit un petit appareil très-portatif, qu'il nomme *lampe forge*, très-répandu aujourd'hui dans les laboratoires et qui produit facilement des températures élevées. Nous avons appris à nos dépens que la chaleur dégagée par la lampe-forge fond rapidement le platine ; le petit support triangulaire qui sert à soutenir les creusets est très-facilement liquéfié quand on ne le garnit pas d'un vase auquel il peut transmettre une partie de l'énorme chaleur qui l'étreint.

On peut élever beaucoup le degré de chaleur produit par ces carbures d'hydrogène, en alimentant leur combustion non plus par l'air ordinaire, mais par l'oxygène pur. Lavoisier y songea dès qu'il eut entre les mains les moyens de préparer avec quelque abondance, à l'état de pureté, le gaz comburant de notre atmosphère. En 1782, il indiqua la construction d'un gazomètre rempli

[1] *Annales de chimie et de physique*, tome XLVI. 1856.

d'air vital qui, dégageant son oxygène sur un charbon enflammé, y détermine une température suffisante pour fondre le platine disposé dans une petite cavité du charbon. Lorsque la matière qui doit être chauffée ne peut supporter le contact du charbon, Lavoisier la place dans une coupelle en os et dirige sur elle le dard d'une lampe à huile alimentée par un jet d'air vital.

Plus loin, il donne la première idée du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène qui est devenu aujourd'hui d'un usage si général. « M. le président de Saron, dit-il [1], m'a fait part d'une idée très-ingénieuse pour opérer sur les corps qui ne peuvent être mis en contact avec le charbon : elle consiste à faire concourir ensemble deux chalumeaux, dont l'un fournit de l'air vital, l'autre de l'air inflammable ; on obtient ainsi un dard de flamme très blanc, très-lumineux et très-chaud, avec lequel on fond aisément le fer, mais avec lequel, cependant, il n'a pas été possible de fondre le platine. Cette manière d'opérer est si commode et si fort à l'abri de toute objection, que je la préférerais à toute autre, si elle donnait une chaleur aussi forte. Peut-être, en imaginant un appareil avec lequel l'air vital environnerait de toutes parts l'air inflammable, de manière que ce dernier brûlât en quelque façon dans une atmosphère d'air vital, obtiendrait-on un effet plus considérable ; à l'aide des lumières de M. le président de Saron, j'espère parvenir à tirer parti de ce nouveau moyen. »

Le temps manqua à Lavoisier pour perfectionner cet appareil avec lequel on fond aujourd'hui le platine très-facilement, tellement que la fusion de ce métal, réputé infusible d'après les anciens ouvrages, est une expérience qu'on fait actuellement dans tous les cours de chimie. Quand on est convenablement organisé, qu'on a des quantités suffisantes d'oxygène et d'hydrogène, on peut fondre, en une seule opération, des masses considérables de platine. A l'exposition de Londres, en 1862, nous avons vu une masse de 100 kilog. de platine fondus d'un seul coup par M. Mathey ; le métal avait été tellement bien liquéfié qu'on découvrait sur les parois toutes les irrégularités du moule en chaux dans lesquelles avait pénétré le platine fondu.

La fusion du platine est une très-belle opération ; la chaux sur laquelle est projeté le dard enflammé du chalumeau devient

[1] *Œuvres de Lavoisier*, tome II, p. 430

éblouissante, elle acquiert un éclat comparable à celui de la lumière électrique, le métal lui-même est du blanc le plus vif. C'est, disent MM. Deville et Debray, « le plus beau spectacle qu'on puisse voir que ce ruisseau de feu tellement ardent que, pour l'opérateur le plus exercé, il y a une impossibilité presque complète de distinguer en même temps le métal et la lingotière dans laquelle le platine ou l'iridium doivent être coulés. »

On attribue souvent aujourd'hui à tort à la combustion de l'hydrogène dans l'oxygène la température la plus élevée que puissent donner les moyens chimiques ; on a souvent, en effet, mesuré cette température en faisant brûler ces gaz dans un espace environné de glace et en mesurant la quantité d'eau liquéfiée par la chaleur dégagée. La quantité de glace fondue dans ce cas est due non-seulement à la chaleur dégagée par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène, mais aussi à toute la chaleur latente cédée par l'eau qui passe à l'état liquide avant de sortir de l'appareil ; aussi pour avoir le nombre exact qui représente la chaleur de combustion de l'hydrogène brûlant dans l'oxygène faut-il déduire du nombre total trouvé la chaleur due à cette condensation de la vapeur. Si on compare alors la chaleur de combustion de l'hydrogène brûlant dans l'oxygène et fournissant de l'eau à l'état de vapeur à la chaleur que produit en brûlant l'oxyde de carbone donnant par sa combustion le gaz carbonique, on trouve que l'oxyde de carbone fournit un peu plus de chaleur.

Toutefois, il est plus facile dans les laboratoires d'employer la flamme de l'hydrogène que celle de l'oxyde de carbone et le chalumeau généralement employé aujourd'hui brûle ce gaz hydrogène ou même tout simplement le gaz de l'éclairage. Pour éviter les explosions qui pourraient avoir lieu si la flamme s'introduisait dans le mélange des deux gaz, on les maintient séparés dans des sacs de caoutchouc, et on réunit seulement l'élément comburant à l'élément combustible à l'extrémité du chalumeau où les amènent des tubes distincts.

La fusion du platine a lieu vers 1900°, et pour montrer combien d'idées fausses sont répandues sur le sujet qui nous occupe, il nous suffit d'ajouter que la chaleur nécessaire pour fondre un kilogramme de platine n'est pas plus grande que celle qu'il faut dépenser pour élever un kilogramme d'eau de 0° à 100°. L'eau, en effet, présente, suivant l'expression des physiciens, une grande

capacité pour la chaleur ; son échauffement est très-lent, mais, d'autre part, son pouvoir émissif, la faculté qu'elle a de rayonner la chaleur qu'elle a reçue est très-faible, tandis qu'il en est tout autrement du platine. Il absorbe très-facilement la chaleur qu'il reçoit ; cette chaleur devient vite apparente, sa capacité calorifique est faible, aussi ne faut-il pas une grande somme de chaleur pour l'échauffer, mais son pouvoir émissif est grand ; si donc il n'est soumis qu'à l'action d'une source de chaleur peu intense, il rayonnera à chaque instant autant de chaleur qu'il en recevra, son échauffement sera nul. Si, au contraire, brusquement il est soumis à une source de température très-élevée, il s'échauffera et entrera en fusion ; c'est réellement un plaisir de voir disparaître dans une petite cavité, creusée dans un morceau de chaux, les lames minces de platine qui sont soumises à l'action du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène.

Il est encore une source de chaleur plus grande que celle dont nous venons d'indiquer l'origine et les emplois : c'est la pile électrique. Quand on rassemble un grand nombre d'éléments de Bunsen et qu'on lance leur électricité dans un conducteur en charbon et que cette électricité traverse un certain espace pour arriver jusqu'à l'autre pôle, elle développe, à l'extrémité du conducteur où elle est accumulée, une quantité de chaleur énorme. Les métaux fondent et se volatilisent, le charbon lui-même est transporté d'un pôle à l'autre comme s'il s'était volatilisé et il acquiert tout à coup des affinités très-singulières : il se combine avec des corps pour lesquels il manifeste à la température ordinaire la plus complète indifférence.

II

Actions chimiques produites par la chaleur. — Combinaisons et décompositions. — Phénomène de dissociation. — Appareils propres à les mettre en lumière. — Filtration des gaz à travers les tubes. — Expériences de M. Graham. — Expériences de M. H. Sainte-Claire Deville.

Aussitôt qu'on pénètre dans le laboratoire d'un chimiste, aussitôt qu'on met le pied dans une usine où s'opère une transformation quelconque de la matière, on aperçoit d'abord les fourneaux propres à fournir de la chaleur. Il est rare, en effet, qu'elle n'in-

tervienne pas dans les phénomènes chimiques, et son action est parfois tellement singulière, qu'elle fournit un sujet de méditation qui est loin d'être épuisé.

Si, à l'imitation de Lavoisier, par exemple, nous chauffons du mercure à l'air, nous ne tardons pas à voir sa surface se recouvrir de petites paillettes rouges. Les deux corps se sont combinés sous l'influence de cette chaleur pour fournir de l'oxyde de mercure ; chauffe-t-on plus fort, il se produit un effet précisément inverse, les deux corps unis se séparent, et on retrouve séparés l'oxygène et le mercure.

Ainsi la chaleur, suivant qu'elle est un peu plus ou un peu moins intense, détermine ou détruit la combinaison chimique. Cet exemple n'est pas le seul que nous connaissions. La baryte, portée au rouge sombre dans un courant d'air, fixe l'oxygène et se transforme en bioxyde de baryum ; chauffe-t-on au rouge cerise ce bioxyde de baryum : il se décompose et donne les produits primitifs baryte et oxygène.

Plusieurs faits nouveaux récemment acquis à la science montrent victorieusement ce double rôle de la chaleur ; sous son influence le charbon et l'hydrogène peuvent se combiner, sous ses efforts l'eau et l'acide carbonique sont décomposés en leurs éléments.

Nous avons entetrenu le lecteur à diverses reprises des remarquables expériences de M. Berthelot sur la synthèse des matières organiques [1]. Nous savons qu'il a réussi à préparer, avec les éléments, quelques-unes des matières assez complexes qui existent dans les êtres vivants ; pour pénétrer dans le réseau des combinaisons organiques, cet habile chimiste avait d'abord mis à profit la facile combinaison du charbon avec l'oxygène, de celui-ci et de l'hydrogène ; soudant ensuite l'eau à l'oxyde de carbone, il avait formé l'acide formique, première station qui lui permettait d'aller plus avant. Il réalisait ainsi la combinaison du charbon et de l'hydrogène, mais l'oxygène était le lien qui devait les unir, et jusqu'à présent on n'avait pas obtenu de combinaison régulière entre les deux corps simples, charbon et hydrogène : cette combinaison paraissait même peu probable.

M. Berthelot résolut cependant d'épuiser toutes les ressources

[1] Voyez les deux premières années de l'*Annuaire scientifique*.

que fournit la science avant d'abandonner son entreprise. Il essaya d'abord, pour combiner le charbon et l'hydrogène, l'action de la chaleur seule ; le charbon fut porté au rouge vif dans un courant d'hydrogène.... la combinaison n'eut pas lieu ; aidé de M. H. Deville, il soumit ensuite le charbon et l'hydrogène à l'action du rouge blanc. « Après plus d'une heure de cette température soutenue, nous avons vu, dit-il, se fondre et couler comme du verre le tube de porcelaine qui contenait le charbon, sans obtenir la moindre trace d'*acétylène* [1].

« ....J'eus enfin recours à la pile et à l'arc électrique qui se produit entre deux pointes de charbon, avec élévation excessive de température et transport du charbon d'un pôle à l'autre. Dans ces conditions nouvelles, l'expérience réussit pleinement. La combinaison de l'hydrogène avec le carbone s'effectue à l'instant. Dès que l'arc jaillit, l'acétylène prend naissance [2]. » Cette belle expérience est devenue classique aujourd'hui ; exécutée devant l'Académie des sciences l'an dernier, répétée à la Sorbonne, elle a fourni à M. Berthelot la première assise du cours qu'il professe actuellement au Collége de France, cours très-important, très-original, composé sur un plan entièrement neuf ; la chaire de *chimie organique* du Collége de France a été créée spécialement pour M. Berthelot, qui mérite à tous égards cette haute faveur [3].

Ainsi, sous l'influence d'une température excessive, le charbon, corps combustible, peut s'unir à l'hydrogène, combustible lui-même, et dans ce cas la chaleur agit pour déterminer la combinaison ; mais elle peut agir aussi, nous allons le reconnaître, pour détruire les unions qu'elle-même a provoquées.

Lorsque deux corps se combinent, ils abandonnent une certaine quantité de chaleur : ils ne peuvent donc exister à l'état de combinaison en renfermant cette chaleur ; mais réciproquement si étant combinés on leur fournit une quantité de chaleur égale à celle qu'ils ont abandonnée au moment de la combinaison, ils ne pourront plus rester réunis, ils devront forcément se séparer. Il arrive même qu'à une température inférieure au point de complète

[1] Combinaison de charbon et d'hydrogène que les chimistes formulent C^4H^2.

[2] *Annales de chimie et de physique*, tome LXVII. 1863.

[3] M. Berthelot vient de publier ses *Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique*, trop tard malheureusement pour que nous en puissions parler dans ce volume. Nous y reviendrons l'an prochain.

décomposition, les corps décomposés donnent cependant des indices de décomposition partielle. Ce phénomène, dont on commence à faire une étude attentive, est connu sous le nom de *dissociation*. La chaleur sépare l'oxygène et le mercure, elle sépare la baryte et l'oxygène, enfin elle peut même séparer l'oxygène de l'hydrogène et dissocier l'eau.

La décomposition de l'eau par la chaleur, observée il y a déjà quelques années par M. Grove, a été étudiée de nouveau avec beaucoup de soins dans ces derniers temps par M. H. Sainte-Claire Deville. Lorsqu'on jette par exemple du platine fondu dans l'eau, on observe souvent un dégagement de gaz très-abondant ; si on approche une flamme des grosses bulles qui sortent du liquide, on entend une violente détonation ; ce gaz est un mélange d'oxygène et d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau opérée par la chaleur que fournit le platine fondu au moment où il arrive au contact du liquide.

Ainsi M. Grove, en soumettant de l'eau à l'action du platine chauffé bien au-dessous de son point de fusion, M. H. Sainte-Claire Deville en jetant du platine fondu dans l'eau, réussissent à décomposer l'eau en ses éléments, le fait est constant, mais son explication n'est pas aussi aisée à trouver. — On rencontre en effet dès l'abord deux objections graves ; comment de l'eau peut-elle se décomposer, comment les deux gaz oxygène et hydrogène peuvent-ils être désunis sous l'influence du platine, fondu par la chaleur même que lui fournit la combustion de l'hydrogène dans l'oxygène? Au moment où les deux gaz se combinent, ils dégagent sans doute une grande quantité de chaleur qui s'élève à 2500° à peu près, d'après M. H. Deville ; le platine, fondu par cette source de chaleur rayonnant à chaque instant une quantité notable de calorique, ne se trouve certainement pas à la température même de combustion des deux gaz. Aussi, au moment où ce platine est jeté dans l'eau, il ne peut fournir à celle-ci une quantité de chaleur égale à 2500° nécessaire pour amener la décomposition. Cette opération a donc quelque chose de paradoxal. Arrêté pendant plusieurs années devant cette difficulté, M. H. Sainte Claire Deville essaie de la lever aujourd'hui en comparant le phénomène de dissociation à celui de l'ébullition d'un liquide.

Tout le monde sait qu'à la pression de $0^m.760$, hauteur de la colonne de mercure qui fait équilibre à la pression de notre at-

mosphère, l'eau ne peut entrer en ébullition que si on lui fournit une certaine quantité de chaleur; quand le thermomètre plongé dans le liquide marque 100°, l'eau doit forcément bouillir, il faut absolument qu'elle se transforme en vapeur. De la même façon on ne peut dire que si on communique à l'eau une température de 2500°, elle ne peut rester en combinaison, il faut qu'elle se décompose; ces deux éléments à cette température n'ont plus d'affinité l'un pour l'autre, ils se séparent. Mais si une température de 100° est nécessaire pour faire bouillir de l'eau, c'est-à-dire pour que la vapeur qui s'élève de son sein ait une force élastique égale à la pression atmosphérique, bien avant cette température l'eau commence à émettre des vapeurs: tous les phénomènes d'évaporation auxquels nous assistons sans cesse en sont la preuve évidente; de la même façon, si une température de 2500° est nécessaire pour que l'eau soit décomposée entièrement, pour qu'elle arrive à cet état de décomposition constante qui serait analogue, parmi les phénomènes de dissociation, à ce qu'est l'ébullition dans le changement d'état, bien avant ce point, l'eau pourra se décomposer partiellement. Si vous jetez de l'acide sulfurique dans l'eau, vous élèverez sa température, de la vapeur est émise, mais l'eau n'entre pas en ébullition; de même si vous jetez du platine fondu dans l'eau, si même vous soumettez celle-ci à une température de 1200 ou 1300°, une petite quantité d'eau est dissociée en ses éléments, oxygène et hydrogène.

Mais, dira-t-on immédiatement, si le phénomène est si facile à produire, s'il suffit d'une température à laquelle atteignent habituellement nos fourneaux, comment ne l'observons-nous pas plus souvent? Pourquoi, quand nous faisons passer un courant de vapeur au travers d'un tube chauffé au rouge, ne recueillons-nous pas un mélange d'oxygène et d'hydrogène, et trouvons-nous seulement de la vapeur d'eau non décomposée? — Si pour rendre notre idée sensible on nous permet une comparaison grossière, nous ferons sans doute comprendre comment cet effet a lieu. La chaleur, tout le monde le sait, agit sur tous les corps en les dilatant, c'est-à-dire en augmentant leur volume; on se rend compte de cet effet en admettant que les corps solides liquides et gazeux sont formés de petites molécules placées à une certaine distance les unes des autres, retenues dans les corps solides dans une position fixe les unes par rapport aux autres par une force con-

sidérable nommée cohésion; cette force, plus faible dans les liquides, est non seulement nulle dans les gaz, mais est même remplacée par une force contraire, car les molécules gazeuses, comme gorgées de chaleur, tendent toujours à s'écarter le plus possible. La chaleur est donc une force contraire à la cohésion, elle tend à écarter les molécules les unes des autres, permettant ainsi à des substances de natures différentes de se pénétrer réciproquement, elle favorise leur combinaison, et au moment où celle-ci a lieu, une quantité de chaleur assez notable devient sensible. Si on soumet un corps complexe, formé de molécules hétérogènes, à l'action de la chaleur, celles-ci vont s'écarter les unes des autres, et on conçoit que si cet écartement est extrême, la force d'attraction, l'affinité qui reliait ces molécules les unes aux autres soit détruite; on comprend que l'écartement dû au calorique pourra être tel que l'attraction qui tout à l'heure maintenait rassemblées les molécules hétérogènes, soit complétement vaincue, et que le corps soit décomposé.

Un corps porté à une température très-élevée peut donc se décomposer; il y a pour chaque corps composé une température de décomposition comme il existe un point d'ébullition; mais de même qu'un corps avant d'arriver à l'ébullition complète émet des vapeurs, de même une substance, avant d'arriver à la décomposition intégrale, donne des traces de dissociation, une substance médiocrement chauffée peut présenter une faible décomposition, comme elle présente déjà une faible tension de vapeur à une température inférieure à l'ébullition.

Nous espérons avoir fait saisir comment M. H. Deville explique la dissociation spontanée de certains corps à une température moins élevée que leur point de décomposition; mais il nous reste à indiquer quels procédés il a suivis pour observer ces décompositions. On conçoit de suite la difficulté qu'on rencontrera; si on chauffe de l'eau à une température très-élevée, les molécules s'écarteront jusqu'au moment où la force d'affinité sera vaincue par la dilatation, et l'eau sera décomposée; mais que la température baisse, les molécules se rapprochent et peuvent se retrouver dans leur sphère d'activité, elles se combinent de nouveau et l'observateur ne peut plus constater le phénomène.

Pour que l'expérience réussisse, il faut qu'au moment où la décomposition a lieu, les gaz soient mis immédiatement dans des

conditions telles qu'ils ne se puissent plus combiner. S'ils se refroidissent très-rapidement, on réussit à les avoir séparés, ils n'ont pas le temps de se combiner ; c'est le cas où l'on plonge brusquement dans l'eau du platine chauffé au blanc ou du platine fondu. « Au moment où celui-ci pénètre dans l'eau, il volatilise la couche qui est immédiatement en contact avec lui. Cette vapeur, fortement chauffée, se décompose partiellement, et les gaz produits très-dilatés, très-légers, montant rapidement à la surface de l'eau, se refroidissent avec une telle vitesse qu'ils échappent à la recomposition. »

Si on place dans un courant de vapeur d'eau portée à une température élevée une nacelle de porcelaine remplie d'argent, celui-ci entre en fusion, et on ne tarde pas à voir se dégager une petite quantité d'hydrogène. M. Regnault, à qui on doit cette observation curieuse, en avait conclu que l'argent décompose l'eau à cette température ; mais on sait cependant que l'oxyde d'argent est complétement décomposé à la température à laquelle l'opération a lieu, de façon qu'on ne concevait guère comment l'argent pouvait décomposer l'eau à une température où il n'a plus d'affinité pour l'oxygène ; l'explication aujourd'hui est plus aisée : l'eau a été dissociée par la température à laquelle elle a été soumise, l'oxygène et l'hydrogène se sont séparés, puis l'oxygène rencontrant de l'argent fondu s'y est dissous en partie, l'hydrogène s'est dégagé, tandis que c'est seulement quand l'argent se refroidit qu'il abandonne le gaz qu'il avait dissous, quand il *roche*, comme disent les métallurgistes. Ici encore la recomposition des deux gaz n'a pu avoir lieu, puisqu'un des gaz a été soustrait à l'action de l'autre en se dissolvant dans l'argent.

Mais ces phénomènes de décomposition de l'eau et de l'acide carbonique peuvent devenir encore plus évidents si l'on met à profit les belles expériences de M. Th. Graham sur la dialyse des gaz [1]. Depuis longtemps déjà, ce savant s'occupe de rechercher les lois qui régissent les mouvements des gaz au travers de plaques poreuses ; ses expériences sont très-curieuses et très-faciles à répéter. Si, par exemple, pour en avoir une première idée, on place sur le mercure un cylindre de verre fermé à la partie supérieure

[1] Voir dans l'*Annuaire scientifique* de 1864, un résumé des travaux de M. Th. Graham.

par une plaque mince de graphite et qu'on y introduise de l'hydrogène, on ne tarde pas à voir le mercure monter dans le cylindre, puis s'arrêter quand le volume du gaz restant est environ un quart du volume primitif. Examine-t-on la nature du gaz restant, on trouve que c'est de l'air atmosphérique ; l'hydrogène a complétement disparu, s'est échappé, tandis qu'une certaine quantité d'air atmosphérique est venue le remplacer.

La même expérience peut être répétée avec de la poterie non vernie. Si, par exemple, dans un tube de verre on place un long tuyau de pipe, qu'on fait traverser par un courant des gaz obtenus par la décomposition de l'eau, c'est-à-dire 2 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène, on trouve que 100 parties du gaz qui se dégage à l'extrémité du tube poreux ne renferment plus que 3 d'hydrogène, au lieu de 66.5 ; en opérant avec un mélange de volumes égaux d'oxygène et d'hydrogène, la proportion est aisément réduite de 50 à 5 pour 100. Ainsi il se fait au travers de ces tubes poreux une véritable filtration des gaz légers, en même temps qu'une concentration des gaz plus lourds. Quant à l'explication du fait, nous l'emprunterons à M. Th. Graham, qui la donne avec la plus grande clarté. « Les pores du graphite artificiel paraissent être réellement de dimensions si minces, qu'il est impossible au gaz en masse de traverser la plaque. Il semble qu'il n'y a que les molécules gazeuses isolées qui puissent passer, mais cependant sans être gênées par aucun frottement ; car évidemment les pores les plus petits dont nous puissions supposer l'existence dans le graphite, doivent être de véritable tunnels, comparativement aux dimensions minimes de l'atome élémentaire d'un corps gazeux. La cause motrice paraît résider uniquement dans ce mouvement intérieur des molécules qui est maintenant admis généralement comme une des conditions essentielles de la matière à l'état gazeux.

« Conformément à l'hypothèse physique actuellement adoptée[1], un gaz est regardé comme composé par une infinité de particules ou d'atomes sphériques, solides, doués d'une élasticité parfaite, et qui se meuvent dans toutes les directions, mais avec des vitesses

[1] Le mérite d'avoir fait revivre cette hypothèse et de l'avoir fait appliquée le premier à l'explication des phénomènes de diffusion, doit être justement attribué à M. Herepath.

différentes suivant la nature du gaz. Renfermées dans un vase non poreux, les particules en mouvement se heurtent constamment contre les parois, et occasionnellement s'entre-choquent elles-mêmes, sans qu'il en puisse résulter aucune perte de mouvement, grâce à l'élasticité parfaite de ces particules.

« Si la substance du vase est poreuse, au contraire, comme cela a lieu dans le diffusiomètre, les atomes de gaz sont projetés à travers les canaux ouverts (par suite du mouvement moléculaire signalé) et finissent par s'échapper. Mais simultanément l'air atmosphérique un gaz quelconque se trouvant à l'extérieur du vase est transporté à son tour et de la même manière à l'intérieur et remplace le gaz qui s'échappe[1]. »

A une température élevée, les corps qui paraissent les plus compactes, les moins poreux, laissent cependant encore passer les gaz, MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost ont démontré ce fait, non-seulement avec les tubes de platine, mais même au moyen d'un tube en acier fondu ; ce tube, bien exempt d'oxyde et protégé contre l'action de l'air extérieur par un tube de porcelaine, est traversé par un courant d'hydrogène; le gaz se dégage par un tube abducteur qui arrive dans une cuve à mercure ; au moyen d'un robinet on peut fermer le tube qui amène le gaz hydrogène et emprisonner celui-ci dans le tube en acier ; on ne tarde pas alors à voir le mercure monter dans le tube abducteur jusqu'à une hauteur presque égale à la colonne barométrique, par conséquent l'hydrogène a pu s'échapper par les pores du fer, s'échapper presque complétement, et il s'est fait dans l'intérieur de l'appareil un vide presque absolu, attesté par l'élévation du mercure dans le tube de verre.

C'est en mettant à profit les observations sur la porosité des tubes de terre pour les gaz, semblables à celles de M. Th. Graham, que MM. H. Deville et Troost ont pu donner une démonstration complète de la dissociation de l'eau ou de l'acide carbonique[1]. Les savants et ingénieux chimistes de l'École normale répètent d'abord les curieuses expériences d'endosmose gazeuse de M. Th. Graham, ils disposent deux tubes concentriques : l'un intérieur, en terre poreuse, l'autre extérieur, en porcelaine ;

[1] *Annales de chimie et de physique*, tome II, 4e série, 1864.
[2] Voyez *Comptes rendus*, tome LII, p. 524, 1861, et LVI, p. 195, 1863

dans l'espace annulaire compris entre les deux tubes passe un courant d'acide carbonique, dans le tube intérieur un courant d'hydrogène; si on recueille les gaz à la sortie, on trouve qu'ils ont changé de place : l'hydrogène, filtrant du tube intérieur dans l'espace annulaire, est recueilli à l'extrémité du tube de verre qui correspond à l'espace annulaire, tandis que l'acide carbonique pénétrant dans le tube poreux pour remplacer l'hydrogène, est recueilli à la place de cet hydrogène. On peut se servir du même appareil pour démontrer la dissociation de l'eau ; les tubes sont placés dans un fourneau alimenté par des charbons très-denses et dans lequel on peut produire facilement une température de 1,100 à 1,300°; on fait passer dans le tube intérieur un courant de vapeur d'eau, dans le tube extérieur, de l'acide carbonique; on recueille à la sortie du tube intérieur de l'oxygène mêlé d'acide carbonique, à la sortie du tube extérieur de l'hydrogène mêlé d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, ce dernier gaz résultant de l'action de l'hydrogène sur l'acide carbonique. Ainsi l'eau est décomposée à cette température de 1,100° à 1,300°, et les deux gaz séparés par filtration à travers la terre poreuse ne peuvent se recombiner quand la température baisse.

A cette même température de 1,300° environ, l'acide carbonique peut être aussi décomposé en oxyde de carbone et en oxygène, qui, dilués au milieu d'une masse considérable d'acide carbonique, ne peuvent se combiner dans les parties froides de l'appareil.

Des faits que nous venons d'exposer découlent des conséquences importantes au point de vue de la science pure et des applications. — Tout le monde sait, par exemple, qu'on fabrique aujourd'hui le gaz de l'éclairage dans des cornues en terre semblables à ces tubes poreux que traverse si bien l'hydrogène ; or, d'après les expériences de M. H. Deville, le gaz de l'éclairage traverse ces tubes presque aussi facilement que l'hydrogène pur, tandis qu'il est remplacé par les gaz qui forment l'atmosphère ambiante ; il n'est donc pas douteux qu'il ne pénètre, pendant la fabrication du gaz, des quantités notables d'azote, d'oxyde de carbone dans l'intérieur des cornues, et que, par suite, son pouvoir éclairant ne soit considérablement amoindri ; une légère couche de vernis fusible appliqué extérieurement sur les cornues pourrait les rendre

imperméables et diminuer, sinon détruire les mauvais effets de leur porosité.

La curieuse expérience de MM. Deville et Troost[1], sur la porosité du fer qui se laisse au rouge pénétrer par l'hydrogène, répétée par M. Cailletet[2], est venue expliquer plusieurs faits observés depuis longtemps dans le travail du fer et qui étaient restés sans interprétation. M. Cailletet fait laminer sous des cylindres plats des portions de canon de fusil, dont les deux extrémités ont été ensuite soudées. On obtient ainsi des rectangles allongés formés de deux lames en contact et soudées sur les bords. En chauffant, à la température élevée d'un four à réchauffer, une lame ainsi préparée, on remarque bientôt que les parties non soudées se séparent, reprennent leur forme cylindrique et leur volume primitif. Il n'est donc pas douteux que les gaz du foyer ont pénétré la masse du fer et ont amené la séparation des parties d'abord en contact.

« C'est à cette pénétration des gaz, ajoute M. Cailletet, qu'il faut attribuer les soufflures qui recouvrent souvent les pièces de forge de grande dimension, et surtout les pièces pour blindage, au moment où elles sont extraites des fours à souder. Si l'on vient à percer une de ces soufflures en retirant la pièce ébauchée du foyer, on voit s'en échapper un jet des gaz combustibles qui se sont accumulés pendant le chauffage dans les cavités que peut présenter la pièce incomplétement élaborée. »

Il est extrêmement probable aussi, d'après les faits étudiés par les chimistes de l'École Normale, que les soufflures qu'on remarque dans l'acier de cémentation, soufflures qui, donnant au métal une surface rugueuse, l'ont fait nommer acier-poule, sont dues à l'accumulation dans le métal ramolli et caverneux des gaz qui pénètrent dans les caisses de cémentation.

Ainsi, on devra savoir maintenant qu'une matière placée dans un creuset de terre, même dans un appareil de fer, se trouve exposée à l'action des gaz du foyer ; et cela explique comment certains métaux qui ont de l'affinité pour l'azote et notamment le titane, sont presque toujours obtenus à l'état d'azoture, quand ils sont traités par voie sèche. L'azote mélangé au gaz du foyer

[1] *Comptes rendus*, tome LVII, p. 965. 1863.
[2] *Comptes rendus*, tome LVIII, p. 327 et 1057. 1864.

pénètre à travers les creusets, sans être arrêté comme l'oxygène par le charbon, et se combine au métal. Les verres fondus se laissent aussi pénétrer par les gaz du foyer; M. Deville a observé, un jour, au moment de couler un silicate fondu, un long jet de gaz brûlant avec la flamme jaune caractéristique de l'hydrogène. Les silicates sont donc perméables aux gaz, lorsqu'ils sont à un certain état de fluidité; ils les accumulent, les conservent, puis les dégagent lorsque cet état vient à changer, et ces curieuses observations pourront, sans doute, servir à expliquer les dégagements de gaz combustibles qu'on observe après les éruptions volcaniques, ainsi que l'a fait remarquer récemment l'éminent géologue, M. Ch. Sainte-Claire Deville.

L'étude des hautes températures est, on le voit, féconde en résultats importants, en conséquence curieuses et inattendues; la chaleur, nous l'avons dit, est l'agent le plus énergique des métamorphoses de la matière, et longtemps encore la science du feu fournira à l'homme un sujet de travail et de méditation.

P. P. Dehérain.

II

LA COMPOSITION DE L'ATMOSPHÈRE

TRAVAUX RÉCENTS DE M. J. JANSSEN ET DE M. A. HOUZEAU

On pourrait être tenté parfois de considérer comme définitivement épuisés certains sujets sur lesquels l'activité humaine s'exerce déjà depuis de longues années; et, en effet, tant qu'on fait usage des procédés d'investigation connus depuis longtemps, on ne peut guère qu'apporter une plus grande précision aux résultats établis par les premiers observateurs; mais il n'en est plus ainsi quand on imagine de nouveaux appareils, de nouveaux réactifs, plus sensibles que ceux qui avaient été employés jusqu'alors; de même que l'astronome armé d'un meilleur télescope voit scintiller au ciel des étoiles d'abord invisibles, de même le chimiste et le physicien peuvent, à

l'aide de ces nouveaux procédés d'investigation, observer de nouveaux faits qui ne tardent pas à pénétrer dans le domaine des connaissances positives. L'analyse spectrale qui nous a donné les premières notions de chimie stellaire, qui a modifié complétement nos opinions sur la nature du soleil, à laquelle enfin nous sommes redevables de la découverte de trois nouveaux corps simples, nous fournit encore une méthode très-précise d'étudier notre atmosphère, et nous permettra sans doute d'affirmer, dans l'Océan gazeux où nous vivons, la présence de quelques matières dont l'existence est plutôt soupçonnée que démontrée. — D'autre part, la présence accidentelle dans l'air de quelques principes qui n'y existent qu'en faible quantité est encore indiquée nettement par un réactif chimique très-sensible qu'impressionnent différemment l'air des campagnes et celui des villes. Si l'action physiologique du *grand air* n'est douteuse pour personne, elle est, d'autre part, complétement inexpliquée ; peut-être les recherches ozonométriques permettront-elles un jour de rapporter les faits de cet ordre à des causes bien déterminées. — Ce sont ces nouvelles investigations qui, nous montrant combien est encore incomplète la connaissance que nous avons de l'atmosphère, nous excitent à continuer nos recherches sur ce sujet qui vont nous occuper dans cet article.

I

L'analyse spectrale. — Divers aspects du spectre solaire, à différentes heures de la journée. — MM. Brewster et Gladstone. — M. Janssen. — Les raies telluriques. — A quoi les attribuer. — Difficultés de l'expérimentation directe.

Nous avons déjà si souvent entretenu les lecteurs de l'*Annuaire* de l'admirable découverte des savants d'Heidelberg, que nous croyons que quelques mots suffiront pour leur rappeler sur quels faits elle repose [1]. — Quand un rayon solaire tombe sur un prisme de verre, il est dévié de sa route et décomposé en ses couleurs primitives ; la longue bande lumineuse qu'on peut apercevoir projetée sur un écran, ou dont on peut étudier les différentes parties dans une lunette, a reçu le nom de spectre solaire ; ce ruban multicolore, ce spectre n'est pas uni, il est au contraire

[1] *Annuaire scientifique*, 1re an., p. 1 ; 2e an., p. 81 et 278. 3e an., p. 20.

haché de petites raies inégalement espacées; ces raies, observées pour la première fois par Fraunhofer, sont dues, nous le savons, à la présence dans le soleil de différents métaux; nous avons trop longuement insisté sur ce sujet pour y revenir; mais il est un point essentiel qu'il est important d'étudier.

Depuis longtemps déjà on avait remarqué que le spectre solaire change singulièrement d'aspect le soir et le matin, c'est-à-dire quand cet astre est fort près de l'horizon. Aux raies ordinaires du spectre, examiné pendant la journée, viennent tout à coup s'ajouter des raies nouvelles très-nombreuses, et dont quelques-unes l'emportent même en intensité sur les raies solaires proprement dites. — Quelle est la cause de ce singulier phénomène? — Dès l'origine on avait pensé à en attribuer l'existence à l'action de l'atmosphère terrestre et surtout aux vapeurs qu'elle contient en plus grande abondance le soir et le matin. Mais, cette circonstance que les raies nouvelles disparaissaient complétement du spectre pendant tout le cours de la journée empêchait de s'arrêter d'une manière définitive à cette explication. C'est ainsi que MM. Brewster et Gladstone, qui ont publié en 1860, dans les *Transactions philosophiques*, un mémoire considérable sur cette question, disent qu'ils appellent ces raies « atmosphériques » pour leur donner un nom, mais sans entendre pour cela qu'on dût attribuer leur existence à l'action de l'atmosphère.

M. Janssen, physicien déjà connu du monde savant par une thèse remplie d'originalité sur le mouvement des rayons calorifiques dans les milieux liquides de l'œil, résolut d'étudier avec soin cette question importante; et bientôt, perfectionnant les appareils d'abord employés, il put constater que les bandes les plus importantes qu'on avait remarquées le soir et le matin dans le spectre se résolvaient en lignes bien distinctes, visibles pour toute hauteur du soleil et variant d'intensité précisément comme les épaisseurs d'air traversées par les rayons solaires. M. Janssen ne s'est pas contenté de cette observation qui établit nettement l'origine terrestre de quelques-unes des raies du spectre, il s'est mis très-courageusement à l'œuvre pour figurer sur des cartes la place et l'intensité des raies telluriques comparées à celles des raies solaires; et bien qu'il n'ait pas encore publié ces cartes complètes qui exigent un long travail, il a donné déjà un croquis qui permet de reconnaître quelques-unes de ces raies. — Le spectre est représenté par

M. Janssen divisé en deux parties superposées qui correspondent à l'aspect qu'il présente quand le soleil passe au méridien et quand il est à l'horizon; quelques-unes des raies conservent dans ces deux stations une intensité égale; c'est ainsi que les raies D et C de Fraunhofer ne sont pas plus visibles le soir qu'à midi : ce sont donc des raies solaires ; mais entre les deux raies D apparaissent au contraire le soir plusieurs raies nouvelles, et plusieurs de celles qui sont faiblement marquées le jour prennent le soir une intensité considérable. Ces raies sont donc dues à l'action de l'atmosphère de la terre, et elles reçoivent pour cette raison le nom de *raies telluriques*.

Quand la carte que M. Janssen a ébauchée à Rome dont le gouvernement lui a facilité le séjour et où il doit retourner bientôt, sera terminée, on aura une représentation très-fidèle, très-exacte de l'état de notre atmosphère à un moment donné, et on pourra, en comparant cette carte avec le spectre visible à différentes époques, reconnaître, par une méthode plus exacte que toutes celles que nous avons employées jusqu'à présent, si cette atmosphère présente une composition constante, ou si au contraire elle est soumise à des variations périodiques qui passeraient inaperçues si elles n'étaient constatées par des procédés d'une exquise délicatesse ; on pourra peut-être encore constater, par l'étude spectrale de l'atmosphère, dans différentes localités, entre un lieu et un autre, des différences dont il restera à pénétrer la cause.

Si, en effet, les recherches de M. Janssen nous donnent un moyen nouveau et curieux de constater des variations dans notre atmosphère, par l'apparition de raies nouvelles ou par l'évanouissement de quelques-unes de celles qu'on a constatées à une autre époque, ces recherches ne nous indiquent pas à quoi sont dues ces raies. — Faut-il les attribuer à l'oxygène, à l'azote, à la vapeur d'eau, à l'acide carbonique ; quelques-unes d'entre elles sont-elles dues même aux matières qui existent seulement dans l'air en quantités infiniment petites, à l'acide azotique ou à l'ammoniaque? c'est ce qu'il est difficile d'établir, car ici l'expérimentation directe est des plus délicates. — Quand MM. Bunsen et Kirchhoff ont découvert à quels métaux existant dans l'atmosphère solaire étaient dues les raies qu'on observe dans le spectre, ils ont pu comparer ces raies à celles qui paraissent dans une flamme où l'on introduit diverses matières métalliques, et c'est de la coïncidence

si curieuse, si frappante de la raie jaune du sodium, des raies nombreuses de fer avec la raie D, avec les stries du spectre, qu'ils ont pu conclure que dans le soleil il existait du sodium et du fer; il faudrait sans doute que M. Janssen employât une méthode semblable et pût remplir un long tube d'oxygène ou d'azote, ou de vapeur d'eau, et qu'il pût constater quelles sont les raies qui apparaissent dans un spectre lumineux quand les rayons ont franchi ces tubes. Mais ici se rencontre une difficulté capitale : ces gaz ont un pouvoir absorbant très-faible, et c'est seulement quand ils sont vus à travers l'énorme épaisseur de notre atmosphère qu'ils modifient la lumière qui les traverse, de telle sorte que celle qui passe au travers d'un tube d'une longueur médiocre, comme ceux que nous pouvons employer, n'est nullement modifiée. — Sans doute les gaz sont compressibles et on pourrait sans danger imminent accumuler l'oxygène et l'azote dans des tubes métalliques bien résistants terminés par des glaces épaisses; mais même en employant cette disposition, les effets seront sans doute encore peu sensibles ; on conçoit toutefois que cette difficulté ne soit pas insurmontable et qu'en faisant cheminer des rayons lumineux à un grand nombre de reprises différentes, au moyen de plusieurs réflexions successives, dans un gaz pur, on puisse arriver à faire naître les raies caractéristiques de ce gaz.

Quoi qu'il advienne de ces prévisions, M. Janssen fait remarquer avec beaucoup de justesse qu'une des conséquences les plus importantes de la découverte des raies telluriques, c'est l'appui qu'elle vient donner à la théorie émise par M. Kirchhoff sur la cause des raies du spectre solaire. Lorsqu'on voit, en effet, une mince couche gazeuse, comme celle qui entoure la terre, faire naître dans le spectre un système de raies si nombreuses et si caractérisées, comment se refuser à admettre que les autres raies du spectre ne sont pas dues à une cause analogue? Dès lors, l'hypothèse si belle et si hardie de l'illustre physicien allemand sur l'existence d'une atmosphère autour du noyau d'où émane surtout la lumière solaire reçoit ainsi une confirmation aussi éclatante qu'inattendue.

II

Découverte de l'oxygène modifié ou ozone. — Diverses hypothèses. — MM. Frémy et Becquerel. — Oxygène modifié obtenu par voie chimique. — M. Houzeau. — Oxygène naissant. — Oxygène mourant. — Diverses méthodes pour le reconnaître. — Papiers ozonimétriques. — Curieuses expériences de M. Houzeau. — Leur vérification.

Toutes les personnes auprès desquelles la foudre est tombée s'accordent à dire qu'elles ont senti au moment de l'éclair une odeur singulière, assez rapidement dissipée, et qu'elles comparaient à l'odeur du soufre en combustion, ou attribuaient généralement cette odeur à l'électricité, quand, en 1785, Van Marum observa que de l'oxygène placé dans un tube de verre traversé par un grand nombre d'étincelles « avait pris une très-forte odeur qui nous parut être très-clairement l'odeur de la matière électrique. »

Plus tard, en 1840, M. Shœnbein remarqua que, lorsqu'on décompose l'eau par la pile, on obtient un gaz odorant qui conserve son odeur lorsqu'il est placé dans des vases bien bouchés; les expériences de M. Schœnbein avaient été insuffisantes pour établir nettement la nature de la nouvelle substance ; il lui donna cependant le nom d'*ozone*. Les travaux s'accumulèrent bientôt sur ce corps curieux par l'énergie de ses affinités en même temps que par son excessive instabilité; MM. Williamson, Marignac, de la Rive, l'étudièrent à diverses reprises ; mais on n'était pas encore complétement fixé sur la nature de ce gaz odorant, quand MM. Fremy et Becquerel s'associèrent pour s'occuper en commun de ce sujet intéressant. Je faisais alors partie du laboratoire de M. Fremy, au Muséum, et je pus suivre tous les essais qui eurent lieu et qui établirent nettement que l'ozone était, comme l'avaient soutenu MM. Marignac et de la Rive, de l'*oxygène modifié*. Pour le démontrer, MM. Fremy et Becquerel préparèrent de l'oxygène parfaitement pur en décomposant du chlorate de potasse; cet oxygène était introduit dans de petits tubes de verre étirés, dans lesquels pénétraient de minces fils de platine soudés dans le verre. Quand les tubes étaient pleins d'oxygène, ils étaient fermés hermétiquement à la lampe, puis on y faisait passer un grand nombre d'étincelles électriques, enfin on les cassait dans un verre renfermant de l'iodure de potassium. Or, l'oxygène modifié possède une propriété que n'a pas l'oxygène ordi-

naire, tandis que celui-ci est incapable de déplacer l'iode de sa combinaison avec le potassium pour se substituer à lui, qu'il ne peut vaincre l'affinité qui maintient soudés ces deux corps, celui-là au contraire les sépare immédiatement, il se forme de la potasse soluble dans l'eau, l'iode déplacé se dissout dans l'iodure de potassium non encore altéré, de telle sorte que l'ozone, mis en contact avec l'iodure de potassium, est absorbé ; dans quelques-unes de leurs expériences, MM. Fremy et Becquerel purent faire absorber par l'iodure de potassium tout l'oxygène contenu dans les tubes, résultat très-important, car il démontrait que le gaz odorant qui se dégage de l'eau décomposée par la pile, est bien de l'oxygène pur, mais est de l'oxygène modifié par l'action de l'électricité.

Les chimistes avaient déjà remarqué, depuis longtemps, qu'un corps présente, au moment où il est séparé d'une combinaison, des propriétés nouvelles qu'il n'a plus lorsqu'il a été préparé depuis quelque temps, et on désignait cet état particulier sous le nom d'état naissant. L'oxygène naissant possédait ainsi quelques propriétés différentes de l'oxygène ordinaire ; et on pouvait soupçonner que l'oxygène naissant n'était autre chose que l'ozone, quand une expérience de M. Houzeau, restée justement célèbre, vint singulièrement appuyer cette manière de voir. En décomposant, au moyen de l'acide sulfurique, du bioxide de baryum, M. Houzeau obtint un gaz odorant qui possédait toutes les propriétés de l'ozone qui, comme lui, décomposait l'iodure de potassium et qui présentait toutes les propriétés de l'oxygène, mais plus énergiques et plus actives. Par des expériences minutieuses et précises, M. Houzeau démontra que ce gaz était bien, en effet, de l'oxygène pur ; et il fut reconnu, une fois de plus, qu'un même corps ne présente pas toujours des propriétés semblables ; de même que le carbone est tantôt transparent, dur, dense, peu combustible, et constitue le diamant, et qu'il se présente aussi sous forme d'une poudre noire, légère, opaque, très-combustible : le noir de fumée; de même que le phosphore ; est rouge, amorphe, non vénéneux, ou bien, blanc, cristallisé et toxique, l'oxygène nous apparaît aussi sous deux formes différentes : c'est la plupart du temps un gaz transparent, sans odeur, médiocrement comburant, sans action sur l'iodure de potassium, sur le gaz ammoniac, sur l'hydrogène phosphoré ; dans d'autres circonstances, au contraire, il devient

odorant, il brûle le gaz ammoniac, il brûle l'hydrogène phosphoré, il déplace l'iode de ses combinaisons ; il s'unit enfin sans doute plus facilement avec l'eau pour donner naissance à de l'eau oxygénée.

M. Schœnbein s'est particulièrement préoccupé des conditions dans lesquelles cette combinaison peut avoir lieu, et il a reconnu que non seulement l'oxygène naissant, celui qui se dégage d'une combinaison, est apte à s'unir avec facilité à l'eau pour former le bioxyde d'hydrogène, mais encore que l'oxygène, sur le point de pénétrer en combinaison, est aussi affecté dans les propriétés, et peut donner naissance à de l'eau oxygénée ; M. Schœnbein, suivant une expression heureuse, attribue non-seulement à l'oxygène naissant des propriétés particulières, mais encore à l'oxygène mourant, c'est-à-dire à celui qui va pénétrer dans une combinaison nouvelle. Que par exemple on fasse passer de l'oxygène ou même de l'air ordinaire, sur du phosphore froid, on obtiendra certainement une petite quantité d'acide phosphoreux, par suite de la combinaison de ce phosphore et de l'oxygène ; mais on aura en outre de l'ozone, de l'oxygène odorant : dans ce cas, l'ozone n'est pas de l'oxygène naissant, mais bien de l'oxgène mourant ; les molécules du gaz semblent avoir été affectées par l'affinité, elles ont acquis des propriétés nouvelles, sans que la combinaison ait eu lieu, et elles conservent l'arrangement qu'elles avaient prises sous l'influence de cette affinité non satisfaite.

Notre globe est le théâtre d'un nombre considérable d'oxydations ; à chaque instant lentement des matières organiques ou minérales se brûlent ; et puisque l'oxygène mourant peut affecter des propriétés nouvelles, peut se présenter sous forme d'ozone, il est très-probable que notre atmosphère doit renfermer ce dernier gaz. La recherche de ce principe dans l'air a été faite surtout par M. Houzeau qui a cherché surtout à imaginer un réactif très-sûr et très-sensible, qui lui permette de reconnaître cet ozone même en très-faible quantité. M. Schœnbein avait mis à profit, depuis longtemps, l'action de l'ozone sur l'iodure de potassium pour le caractériser. Si en effet un papier est enduit d'amidon et d'iodure de potassium, il bleuira par suite de la combinaison de l'amidon avec l'iode aussitôt que celui-ci sera mis en liberté par l'oxygène naissant, et l'on aurait là une méthode précieuse pour reconnaître l'ozone, s'il était seul capable de décomposer cet iodure de potassium. Malheureusement il n'en est pas ainsi et l'iode peut être mis en liberté par

du chlore ou par un acide; or, comme il se forme souvent dans l'air de l'acide azotique, par suite de la combustion de produits azotés organiques ou par la combinaison directe de l'azote et de l'oxygène, sous l'influence de l'étincelle électrique, ainsi que l'a adis démontré Cavendish, le réactif de M. Schœnbein laisse quelque indécision dans l'esprit et on ne peut affirmer que son changement de teinte soit certainement dû à l'ozone. M. Houzeau, après de nombreux tâtonnements, résolut de ne pas abandonner ce réactif précieux par sa sensibilité, mais de ne plus compter, pour reconnaître l'ozone, sur la propriété qu'il a de bleuir l'amidon, en déplaçant l'iode, ce que d'autres corps peuvent faire comme lui, mais bien sur la formation de la potasse, qu'aucun corps autre que l'ozone ne peut produire; pour constater la production de la potasse, il suffira d'imprégner le papier de tournesol *rouge vineux*, qui bleuira sous l'influence de la potasse, ou qui prendra, sous celle des acides, une teinte d'un rouge vif.

Une crainte pouvait encore subsister; si dans l'air il se forme, par suite de la décomposition de l'acide azotique, une certaine quantité d'acide hypoazotique, celui-ci pourra se dédoubler en acide azoteux et en acide azotique; or l'acide azoteux donne, avec l'iodure de potassium, de l'iode et de l'azotite de potasse; celui-ci a, comme la potasse elle-même, une réaction alcaline, et par conséquent bleuit le papier de tournesol; il pourrait donc encore arriver qu'on attribuât à l'ozone un effet qui serait dû à la vapeur nitreuse. Pour éviter cette cause d'erreur, M. Houzeau a eu l'heureuse idée de ne déposer l'iodure de potassium que sur la moitié de son papier entièrement couvert cependant de tournesol; si donc on voit la moitié de ce papier bleuir, l'autre moitié rester intacte, il sera certain qu'on n'a pas eu affaire à la vapeur nitreuse, mais bien à l'ozone.

Ainsi armé, M. Houzeau a exploré l'air de diverses régions, et il est arrivé à cette conclusion curieuse qu'il est impossible de constater dans l'air des villes la présence de l'ozone, tandis qu'au contraire on peut facilement le reconnaître dans l'air de la campagne. — La divergence des résultats obtenus en exposant à l'air ces papiers réactifs très-sensibles est même si grande, que « deux chimistes qui, sans se connaître, viendraient à se communiquer leurs observations faites en même temps, mais séparément, dans deux stations à proximité, comme Paris et Saint-Maur, Rouen et son

faubourg, resteraient convaincus d'avoir opéré sur deux airs très-dissemblables. De là, la nécessité d'admettre en météorologie, du moins pour nos climats, la variabilité normale des *propriétés de l'air atmosphérique*, c'est-à-dire qu'à un jour donné les qualités reconnues à l'air n'impliquent point, à la même station, lesdites qualités pour l'air du lendemain, ni même, à la rigueur, pour l'air qui serait examiné une ou plusieurs heures après la dernière observation. » — Les nouvelles expériences que présente M. Houzeau à l'Académie cette année sont encore plus curieuses; il prouve qu'il est possible de rendre perceptibles à volonté les différentes manifestations de l'atmosphère en opérant sur deux points pris au hasard dans l'air de la campagne, et distants l'un de l'autre de quelques centimètres. Elles prouvent, de la façon la plus péremptoire, et contrairement à toute prévision, que, dans un flacon ou une éprouvette restés ouverts, l'air de l'intérieur de ces vases n'agit pas de la même manière que l'air ambiant.

On réalise aisément cette démonstration en disposant verticalement dans une longue et étroite éprouvette à pied une petite règle en bois sur laquelle on pique avec une épingle, et à 4 ou 5 centimètres l'un de l'autre, une série de papiers réactifs. Tous les papiers situés en dehors de l'appareil ont pu, selon l'état de l'atmosphère, bleuir fortement en six, douze ou vingt-quatre heures, tandis que les mêmes réactifs placés dans l'intérieur de l'éprouvette restée ouverte n'ont subi aucune coloration semblable après quarante heures ou même après six jours d'exposition... Si, au lieu d'un cylindre étroit, on emploie un appareil évasé semblable, par exemple, à un entonnoir posé sur sa partie effilée, les papiers réactifs bleuissent au contraire indistinctement tout le long de la baguette; les papiers placés à l'intérieur de l'entonnoir peuvent cependant rester intacts si on détermine à l'intérieur du vase un courant d'air. « Dans une expérience de l'air apporté ainsi, représentant en volume cinq mille fois la capacité de l'éprouvette, les papiers réactifs de l'intérieur du vase n'avaient subi aucune altération semblable à celles qu'avaient éprouvées les papiers exposés à l'extérieur et qui dans le même temps s'étaient fortement colorés en bleu dans leur partie iodurée[1]. »

Tels sont les faits nouveaux et curieux que vient de signaler

[1] *Comptes rendus*, tome LVIII, page 788, 1864.

M. Houzeau, faits qu'il est difficile aujourd'hui de rapporter à une cause probable; car on ne conçoit guère comment un principe tel que l'ozone peut être détruit en pénétrant dans un vase allongé. — M. Houzeau rappelle qu'on attribuait la différence de propriétés qu'il avait signalée entre l'air des campagnes et celui des villes à la destruction dans ces dernières de l'ozone atmosphérique, par les miasmes ou les matières organiques combustibles qui l'absorberaient; mais cette explication ne peut guère se soutenir, aujourd'hui qu'on trouve que l'air de la campagne est en général actif, excepté quand il pénètre dans un vase de forme allongée.

Ces résultats sont même tellement singuliers, que le premier sentiment est celui du doute. Il faut bien admettre cependant la justesse des observations de M. Houzeau, quand on sait avec quel soin il opère, quand on voit que les personnes qui répètent ses expériences tombent sur des résultats semblables aux siens [1].

P. P. Dehérain.

[1] *Comptes rendus*, tome LVIII, p. 1158. 1864. — Note de M. de Pietra Santa.

PHYSIQUE DU GLOBE

I

LES SYSTÈMES DE MONTAGNES

LE RÉSEAU PENTAGONAL DE M. ÉLIE DE BEAUMONT.

M. Élie de Beaumont a présenté au mois de juin dernier à l'Académie des sciences un tableau donnant les positions des points et des cercles principaux du réseau pentagonal. Cette longue liste de chiffres représente bien des années de méditations et de calculs ; aussi le présent article n'a guère l'intérêt de l'actualité, mais il aura peut-être pour beaucoup de lecteurs celui de la nouveauté. Dans ces tableaux sont en effet résumés tous les travaux de l'éminent géologue, toujours dirigés dès leur origine par une pensée unique, qu'un trop petit nombre de personnes a pu connaître.

Née depuis un siècle à peine, ayant besoin de presque toutes les autres sciences pour progresser, c'est à peine si la géologie était parvenue, il y a trente ans, à connaître le domaine qui lui est réservé et les faits qu'il fallait constater avant de songer à rechercher les lois qui les régissent. Il a fallu apprendre que notre globe n'a pas toujours été ce qu'il est aujourd'hui, que les plus hautes montagnes ont été ensevelies sous les mers, que la population du globe a été modifiée maintes et maintes fois ; mais il y a loin encore de ces premières notions à la connaissance complète des changements divers qu'a éprouvés la surface de notre planète, à la découverte de l'origine de toutes les matières qui composent la croûte terrestre, à la détermination de l'ordre dans lequel elles sont apparues, et de la cause de leur apparition ; il faut étudier enfin les circon-

stances qui ont modifié les conditions de la vie végétale et animale, et par suite les animaux et les végétaux eux-mêmes. Vastes problèmes, à peine posés, dont la solution exige le concours de la mécanique, de la chimie et des sciences naturelles. En restreignant cette immense étude à la recherche des causes qui ont modifié la surface du globe, le problème ne manque ni de grandeur ni de difficulté. Si le sol européen nous est connu dans sa profondeur, combien n'avons-nous pas encore à apprendre sur les contrées inexplorées des autres parties du monde et sur le relief du fond de la mer qui, en dehors de l'océan Atlantique, a été à peine étudié.

Déduire du petit nombre des faits connus les lois qui régissent leur ensemble et qui ont présidé aux déformations successives de l'écorce terrestre, enfin remonter de ces lois aux causes, tracer l'histoire mécanique de notre planète embrassant le passé et l'avenir, tel a été le but de l'éminent secrétaire perpétuel. S'il ne l'a pas complétement atteint, il a au moins largement frayé la voie et jalonné ce qui nous reste à parcourir.

I

Terrains sédimentaires et ignés. — Failles et filons. — Chaînes de montagnes. — Leur direction, leur âge. — Parallélisme des accidents contemporains. — Définition d'un système de montagnes.

Tout le monde sait que l'écorce terrestre se compose de deux sortes d'éléments bien distincts par leur structure : les uns, les terrains sédimentaires, qui, comme leur nom l'indique, ont été déposés par les eaux, ainsi que le prouvent leur structure stratifiée et les restes d'animaux aquatiques, quelquefois lacustres, le plus souvent marins, qu'ils renferment ; les autres cristallins, éruptifs, d'origine ignée.

Dans les plaines où les terrains de sédiment dominent, leurs couches sont horizontales ou très-faiblement inclinées. Lorsqu'on se rapproche des régions montagneuses, ces couches se redressent jusqu'à devenir verticales, ou même à se renverser, dessinant, sur la surface des rochers qu'une érosion postérieure a dénudés, d'immenses zigzags, et laissent enfin apparaître dans les régions les plus élevées les roches éruptives qui se sont ouvert un passage à travers les terrains de sédiment superposés.

Que les couches, maintenant inclinées dans tous les sens, disloquées, aient été primitivement déposées horizontalement comme les terrains des plaines, cela ressort évidemment de la position des fossiles par rapport à leur lit et plus évidemment encore de la position qu'occupent, dans les roches nommées poudingues, les cailloux roulés, galets des mers géologiques, dont le plat se trouve toujours parallèle à la stratification de la roche.

La présence de ces coquilles, objet des sarcasmes de Voltaire, à une hauteur considérable au-dessus du niveau de l'Océan, prouve qu'à un certain moment une cause est survenue, brusque et puissante, qui a soulevé et disloqué ces couches, transformé en montagnes le fond uni d'une mer. Semblable en cela à l'histoire du genre humain l'histoire du globe que nous habitons nous présente de longs temps de repos pendant lesquels les terrains de sédiment se sont déposés, et des révolutions qui ont non-seulement changé la surface du globe, mais en même temps déterminé une modification profonde de sa faune et de sa flore.

Je me propose, dans cette étude, d'indiquer en quelques mots comment on a pu déterminer l'époque relative de ces révolutions, étudier leurs effets et enfin remonter à leur cause.

Les terrains sédimentaires ont été classés d'après leur âge, en admettant que, si deux couches se recouvrent sur une grande étendue, la couche inférieure a été déposée la première, et cette superposition est le seul caractère d'une certitude absolue qui établisse leur âge relatif. Si, dans les montagnes, on trouve une certaine couche relevée, et si à leur pied s'étend horizontalement la couche qui suit immédiatement la première dans l'échelle chronologique des terrains, il est facile d'assigner l'âge de la révolution qui a produit la montagne. Le relèvement a eu lieu après le dépôt des couches relevées, et avant le dépôt des couches suivantes. Si le terrain qui compose la plaine n'est pas précisément celui qui suit les couches relevées, la même règle s'appliquera encore, mais laissera une incertitude d'autant plus grande que l'intervalle entre les deux terrains sera lui-même plus grand. Ce cas bien fréquent se produira toutes les fois que la montagne résultant du soulèvement ne sera pas immédiatement baignée par la mer, ou que le terrain fondamental, aux dépens duquel elle se forme, est depuis longtemps émergé.

Ainsi les couches tertiaires qu'on retrouve jusqu'au sommet des

Alpes, au Righi par exemple, s'étendent en couches horizontales de l'autre côté du Rhône, au pied des montagnes du Forez et jusqu'à celui des Pyrénées, tandis que, dans ces dernières, les couches appartenant à la formation antérieure se trouvent relevées ; il en résulte que les Alpes sont postérieures au dépôt de ces terrains tertiaires, que l'apparition des Pyrénées, déjà plus ancienne, coïncide avec le commencement de cette époque tertiaire, tandis que les montagnes du Forez, ne présentant que des roches d'une ancienneté beaucoup plus grande, ne peuvent plus, d'après ce seul fait, être classées avec la même précision.

Les montagnes ne sont pas du reste les seules traces des bouleversements qu'a éprouvés l'écorce du globe. Les mineurs qui suivent les couches de houille, par exemple, rencontrent souvent des interruptions brusques dans ces couches ; après avoir perdu la houille ils la retrouvent ou plus haut, ou plus bas : ces accidents, qu'on nomme des *failles* produisent, dans toutes les couches qui avoisinent la houille, une dénivellation semblable, et l'on doit se représenter le terrain comme ayant été abaissé en bloc, d'un côté de la faille ou relevé de l'autre. L'âge de ces accidents se détermine de même ; postérieurs à toutes les couches qu'ils affectent, ils sont antérieurs à celles qu'ils n'affectent pas.

Les fentes qui se produisent dans ces mouvements brusques offrent souvent des traces évidentes de glissement, que les mineurs allemands nomment des miroirs. Elles ne restent pas non plus toujours vides, ou ne se referment après s'être remplies. Des eaux venues de la profondeur y ont déposé à des époques diverses les substances les plus variées, quartz, baryte sulfatée, chaux carbonatée, ou sulfures métalliques. Ces fentes remplies et rouvertes à plusieurs époques portent le nom de filons et ont encore été étudiées par les mineurs, parce qu'elles sont le gisement le plus ordinaire des métaux. Si un mouvement brusque se reproduit encore, après que ces filons se sont formés, ils en subissent l'influence et paraissent à leur tour brisés et rejetés par des failles qui peuvent devenir des filons riches ou stériles.

De l'étude de ces filons est résultée cette loi dont la simplicité et l'utilité sont frappantes. Dans un même groupe, tous les filons de même composition et de même âge sont parallèles[1]. Cette loi

[1] Cette loi, due à Werner, célèbre géologue du siècle dernier, résulte de ses observations sur les filons de Freyberg. Elle a été vérifiée depuis dans

s'étendant à tout un genre d'accidents, il est naturel de rechercher si elle ne doit pas s'appliquer aux montagnes.

Celles-ci ne sont pas en effet des aspérités distribuées sans loi à la surface du sol. Une montagne qui n'est pas un volcan n'est pas isolée, on ne saurait en faire le tour sans monter au tiers ou à la moitié de sa hauteur. D'où l'expression, bien répandue, de chaînes de montagnes. Un coup d'œil jeté sur une carte nous les montre le plus souvent disposées en ligne droite, la largeur de la chaîne étant très-petite relativement à sa longueur de telle sorte qu'on peut lui assigner une direction. Les Pyrénées, le Caucase, les Andes, en offrent des exemples remarquables par leur simplicité.

Les Alpes nous offrent une complication plus grande. Elles n'ont point été, en effet, comme les Pyrénées, produites d'un seul jet. Cette grande ride qui s'étend depuis la Provence jusqu'à la Hongrie résulte de la superposition de plusieurs soulèvements, indépendants, distincts et par leur âge et par leur direction. Les traces des premières révolutions s'effaçant de plus en plus, le relief actuel des Alpes est dû principalement aux deux dernières. On voit, en considérant les choses en grand, les Alpes, après s'être dirigées de l'Autriche au Valais en suivant une direction peu éloignée de l'E. 1/4 N. E., faire un coude à la hauteur du mont Blanc et se rapprocher ensuite beaucoup de la direction du méridien. S'il n'y avait là qu'une inflexion pure et simple d'une chaîne produite par un mouvement unique, on verrait peu à peu les couches et les crêtes s'infléchir pour passer de l'une à l'autre des directions extrêmes, et l'on ne pourrait suivre l'une d'elle en ligne droite au delà du point d'inflexion, tandis qu'on voit au contraire le plus souvent les directions des crêtes se rattacher nettement à l'une ou l'autre des deux déjà mentionnées et se poursuivre en ligne droite en dehors du massif montagneux.

Si nous recherchons les chaînons dirigés N. N.-E., nous les verrons s'étendre du milieu de la Provence au milieu de la Suisse, de la vallée de la Durance à celle de l'Emmenthal[1]; les chaînons qui suivent la seconde direction plus rapprochée de l'E. O., cou-

presque tous les districts métallifères, notamment dans le Hartz et le Cornwall.

[1] Leur direction est admirablement marquée par celle d'une grande faille qui s'étend du lac de Wallenstadt à Ivrée, suivant la vallée de la Linth, la crête qui sépare la Reuss du Rhin, puis le Rhône des affluents du Pô.

rent non-seulement du Valais en Autriche, mais on les retrouve des Diablerets aux glaciers de l'Aare, près du lac de Lucerne, et en Provence encore, où les crêtes de la Sainte-Baume et du Ventoux appartiennent à cette direction.

En résumé, quelque complexe que paraisse un assemblage de montagnes, l'examen d'une carte bien faite, ou mieux encore l'observation directe des faits amènera à le décomposer en une suite de chaînons rectilignes, orientés dans un nombre déterminé de directions. Il ne s'agit pas ici de la décomposition, en quelque sorte métaphysique, d'une courbe en éléments rectilignes, qu'on est obligé de supposer infiniment petits, mais bien d'une décomposition physique et réelle, les chaînons ayant souvent une longueur considérable. Là où la direction géographique devient incertaine par suite de l'enchevêtrement des montagnes, elle doit être remplacée par la direction géologique, c'est-à-dire la direction d'une ligne horizontale tracée sur l'une des couches relevées, débarrassée par la pensée de toutes celles qui lui sont superposées.

A ce point de vue, chaque district montagneux sera pour nous représenté par un petit nombre de lignes droites, remplaçant les divers chaînons dont elles indiquent la direction. Cette opération étant faite sur tout le globe, un fait capital nous frappera. Dans une même contrée, toutes les directions parallèles sont de la même époque et proviennent d'une seule opération de la nature, et les failles, ou accidents de toute sorte qui leur sont parallèles, sont encore de la même époque, précieuse généralisation de la loi de Werner, mais qu'il s'agit de généraliser encore. Si, en effet, nous menons par le centre de chaque district montagneux des droites parallèles à tous les chaînons, nous aurons autant de lignes qu'il y a eu de révolutions en ce point, chacune d'elles représentant tous les reliefs du sol qui, produits à une même époque, doivent être rattachés à la même cause, et former un système de montagnes; et inversement, si une couche dépourvue de fossiles qui permettraient de fixer son âge se rencontre avec une direction donnée, on devra en conclure qu'elle est postérieure à l'époque où a eu lieu le mouvement correspondant à cette direction, époque qui à son tour peut être fixée par l'âge des couches qui en ont été affectées dans d'autres localités mieux connues; grâce à ces remarques, on peut, dans une certaine mesure, déterminer par la boussole l'âge des couches sédimentaires.

Tous les faits que je viens d'énoncer se prêtent à des vérifications nombreuses et faciles ; une fois prévenu on découvrira sur une carte bien faite une foule de rapprochements de ce genre; non-seulement les crêtes des montagnes, mais les cours des rivières, leurs coudes, les contours des rivages se prêteront à cette décomposition en lignes droites orientées dans un petit nombre de directions; et meilleure est la carte, plus cette décomposition est facile. Les contours qu'on arrondissait autrefois si complaisamment, deviennent de plus en plus anguleux lorsque la carte se rapproche de la vérité. Cette différence est bien sensible lorsque l'on compare les anciennes cartes, indéchiffrables à notre point de vue, de l'Afrique septentrionale, avec les nouvelles publiées par le Dépôt de la guerre où nos lignes droites se dessinent d'elles-mêmes dans trois directions dont l'enchevêtrement reproduit la structure compliquée de l'Atlas.

Les systèmes de montagnes, c'est-à-dire l'ensemble des montagnes produites par une seule et même révolution, étant ainsi définis par une direction unique dans chaque localité, il nous faut maintenant rechercher les rapports que doivent présenter les systèmes contemporains étudiés dans des contrées éloignées, et voir si les rides produites par une seule révolution sont encore parallèles.

Une première difficulté nous arrête. Notre guide habituel, le parallélisme, va nous manquer. Du moment, en effet, où l'on considère la sphère entière, les lignes droites doivent être remplacées par leur équivalent sur la sphère, c'est-à-dire par des arcs de grand cercle, et deux grands cercles ne sauraient être parallèles sur toute leur étendue. Si on trouvait dans l'Afrique un grand nombre de chaînons, distribués au nord et au sud de l'équateur, et dirigés suivant des parallèles, ces chaînons se rattacheraient à un seul système de montagnes que l'équateur suffirait pour déterminer. Mais si on trouvait dans tout l'espace compris entre le méridien de Paris et le méridien situé à 20 degrés plus à l'est des chaînons dirigés suivant le méridien, ces chaînons, rigoureusement parallèles entre eux à l'équateur, ne le seraient plus à mesure qu'on s'approcherait des pôles où ils forment un angle de 20°.

Le parallélisme a donc besoin d'une définition nouvelle, qui sera la suivante. Des chaînons sont parallèles à un même grand cercle si, en prenant ce grand cercle comme équateur, ils coïnci-

dent avec les éléments des petits cercles qu'on nomme des parallèles, ou en d'autres termes plus géométriques, si l'arc de grand cercle perpendiculaire au milieu du chaînon est aussi perpendiculaire au grand cercle. Ce grand cercle a reçu de M. Élie de Beaumont le nom de grand cercle de comparaison du système de montagnes.

Une généralisation aussi hardie a besoin d'une vérification ; mais celle-ci n'est plus possible sur les cartes qui toutes déforment les grands cercles de la sphère ; le calcul seul peut donner la direction d'un grand cercle sur toute l'étendue de la surface terrestre. M. Élie de Beaumont a suivi sur tout le globe les grands cercles de comparaison des systèmes de montagnes qu'il avait déterminés d'après les seuls accidents de l'Europe, et a toujours trouvé que les accidents contemporains étaient parallèles à un même grand cercle. Un exemple fera comprendre la portée de ce théorème géologique.

Le système de la chaîne principale des Alpes dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, qui est un des plus récents, et par suite un des plus apparents à la surface du globe, doit comprendre l'Atlas, une partie des traits orographiques principaux de l'Espagne, la ligne formée par les Baléares, les îles Trinité, Pianosa, Pelagosa, le Balkan dans la partie orientale qui s'avance vers Varna, une très-grande partie des Alpes de la Styrie et de l'Autriche, le Taurus, le Caucase central qui relie les Caucases occidental et oriental (ceux-ci sont parallèles au cercle de comparaison du système des Pyrénées), et enfin les collines tertiaires qui forment les premiers contreforts de l'Himalaya, accidents qui tous sont contemporains et en même temps parallèles et situés à peu de distance du grand cercle de comparaison de ce système. Si notre lecteur possède un globe et veut bien tendre un fil du cap Saint-Vincent au Dhawalagiri, une des plus hautes cimes de l'Himalaya, il verra tous les accidents que nous venons de citer se grouper parallèlement à ce fil.

Après avoir ainsi déterminé les grands cercles de comparaison des systèmes de montagnes, si l'on cherche les angles qu'ils forment entre eux, on les voit offrir presque toujours des relations simples. Les angles droits, de $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$ d'angle droit, sont fréquents. Souvent un grand cercle divise en deux parties égales l'angle de ceux qui l'ont précédé. Mais l'examen de ces relations nécessite

un retour vers la théorie que je ne veux pas aborder sans résumer les faits acquis.

La loi qui régit tous les phénomènes du genre de ceux que nous venons d'étudier, toutes les dislocations de l'écorce terrestre, est celle-ci. Chacun de ces accidents en particulier affecte une forme rectiligne, et tous les accidents contemporains sont parallèles à un même grand cercle. Par suite, dans chaque localité, toute couche inclinée, c'est-à-dire qui a été déplacée de sa position primitive, donnera par sa direction seulement une indication sur son âge, puisque toutes les couches contemporaines, ayant subi les mêmes révolutions, doivent avoir la même direction.

Indépendamment de cette utilité scientifique, voici une autre indication qui n'est peut-être pas sans valeur pratique. Si tous les filons parallèles sont de même composition et si la direction de chacun détermine son âge, on peut déterminer à quelle époque géologique se sont déposés chacun des métaux utiles qu'ils renferment, assigner par suite parmi des filons encore inexplorés ceux qui présentent des chances de réussite, et, dans une contrée inconnue enfin, déterminer si les révolutions auxquelles elle doit son relief permettent de supposer par leur âge que des émanations métalliques peuvent s'y trouver. Sans doute la science n'est pas encore arrivée à ce point de perfection, qu'elle puisse toujours, de la direction d'un filon, conclure sa composition ; mais quelques essais récemment tentés laissent entrevoir que le jour des applications pratiques n'est pas bien éloigné.

II

Causes probables des déformations de l'écorce terrestre. — Refroidissement de la terre.

Quelles peuvent être les causes de ces déformations de l'écorce terrestre? Faut-il y voir les effets d'une cause périodique, agissant successivement en différents points de sa surface, ou ceux d'une cause perpétuellement subsistante dont le sommeil, et non l'anéantissement, correspondrait à ces longues ères de repos pendant lesquelles se sont déposés les terrains sédimentaires? Les progrès de l'astronomie, ceux du calcul des probabilités nous ont montré qu'il y avait presque certitude que ce n'est pas dans le ciel,

mais sur la terre et dans son intérieur même que nous devons chercher cette cause.

Un seul phénomène actuel par son énergie, par ses résultats, présente quelque analogie avec ceux qui peuvent accompagner la production d'une montagne; mais ce serait singulièrement étendre le sens des mots « action volcanique, » que d'attribuer à cette action la production d'un système de montagnes que peut embrasser toute une demi-circonférence du globe. Par la haute température et par la composition des produits qu'ils émettent, les volcans nous laissent supposer qu'à une certaine profondeur notre planète est fluide. L'accroissement de la température à mesure qu'on s'enfonce dans le sol, la forme aplatie du sphéroïde terrestre, viennent à l'appui de cette hypothèse qui sera notre point de départ.

Imaginons donc un globe fondu, circulant en vertu des lois de l'attraction au milieu d'espaces dont la température est considérablement moins élevée que la sienne. La surface se refroidissant rapidement va se figer, en se figeant diminuer de volume, et, devenant incapable de contenir le liquide intérieur, craquer et se fendiller de toutes parts; le liquide remplira les crevasses, se figera à son tour et la nouvelle croûte se brisera encore. Au bout d'un certain temps le refroidissement entrera dans une autre phase. La température de la surface, tout en étant encore plus élevée que celle de l'espace, s'abaissera notablement au-dessous de celle de l'intérieur. La chaleur que le rayonnement enlève à la surface, est de plus en plus compensée par celle que lui transmet par conductibilité le liquide souterrain; de telle sorte qu'il n'y a pour ainsi dire refroidissement que pour les couches intérieures, leur chaleur étant transmise par la croûte, qui perd autant qu'elle reçoit.

Les matières fondues qui composent l'intérieur du globe sont, d'après les échantillons qui nous en sont parvenus, de celles qui se contractent en se solidifiant et, par suite, en se refroidissant. Le volume du contenu diminuant, le volume embrassé par la croûte doit diminuer aussi. Or, de tous les corps de même surface, la sphère jouit de la propriété d'envelopper le plus grand volume; on peut se convaincre de cette vérité mathématique par une petite expérience bien simple. Supposons une vessie sphérique, et dans le col de laquelle soit adapté un tube en verre; remplissons d'eau la vessie. De quelque manière qu'on la déforme, l'eau montera dans le tube, donc le volume de la vessie aura dimi-

mué. Si, au contraire, la vessie a une forme allongée, on s'assurera de même qu'en la déformant de manière à augmenter son grand axe, son volume diminuera, tandis que, si on raccourcit celui-ci de manière à faire prendre à la vessie une forme plus voisine de la forme sphérique, l'eau descendra dans le tube. C'est encore pour la même raison qu'en soufflant dans un ballon de caoutchouc, on arrive à lui donner la forme sphérique. Par suite, en se déformant, tout en conservant la même étendue, la croûte terrestre peut continuer à s'appliquer sur les masses fondues qu'elle renferme.

Il semble au premier abord que cette croûte, à laquelle on ne doit guère attribuer moins de 30 à 50,000 mètres d'épaisseur, doit rester suspendue comme une voûte au-dessus de la masse liquide, et, d'un autre côté, qu'elle ne peut se déformer sans se rompre. Ces dimensions semblent en effet formidables, quand on ne les compare pas à celles du globe lui-même, comparaison qu'on oublie trop souvent dans toutes les questions de géographie physique. Mais l'épaisseur de la croûte n'est pas la deux cent cinquantième partie de son diamètre, moins que l'épaisseur d'une coquille d'œuf relativement à son diamètre, et ce serait encore exagérer la résistance dont est capable l'écorce terrestre que de la comparer à celle d'une coquille d'œuf entière. — Les filons, les failles innombrables qui la sillonnent, la divisent en une infinité de compartiments de toutes grandeurs qui peuvent jouer les uns sur les autres. La flexibilité de cette écorce ou des matériaux qui la composent est d'ailleurs mise hors de doute par les plis si nombreux et si multipliés que présentent les couches puissantes de calcaire et même de quartzites qui cependant font feu au briquet.

On voudra donc bien admettre que la croûte soit obligée de s'appliquer constamment sur la masse intérieure et par suite de se déformer de plus en plus à mesure que le globe se refroidit. Ces déformations, ces bossellements sont naturellement accompagnés de changements identiques dans la forme de la masse liquide qui, de son côté, tend à reprendre la forme sphérique que lui assignent les lois de l'attraction. Les forces mises en jeu par ces déformations, augmentant sans cesse, dépasseront la limite que peut supporter la croûte. Celle-ci commencera à céder, et la débâcle aura lieu.

L'étendue de la surface terrestre, après cette révolution, devra

être ce qu'elle était avant. La croûte doit dans son ensemble affecter la forme sphérique, mais envelopper un volume moindre que celui qu'elle enveloppait primitivement. Une portion de la surface se repliera sur elle-même formant des vallons ondulés, ou même se déchirera, les deux lèvres de la fracture se ressouderont inclinées l'une contre l'autre, entraînant avec elles une partie des matières sous-jacentes. Cette fracture devra suivre la ligne qui offre le moins de résistance, c'est-à-dire la ligne la plus courte sur la sphère ou un arc de grand cercle — ou bien une combinaison de grands cercles. On se formera peut-être une image plus précise du mouvement que nous imaginons succéder à une ère de repos par la comparaison vulgaire que voici :

Détachez une côte d'un melon, et rapprochez les deux bords de l'ouverture : le melon ainsi privé d'une côte aura encore dans son ensemble la forme sphérique. Mais cette côte que nous supposons enlevée, qui représente un fuseau de l'écorce terrestre, ne peut disparaître ainsi comme par enchantement. Si les deux bords de l'ouverture se rapprochent, ce ne peut être qu'en écrasant le fuseau que nous avons supposé enlevé, écrasement qui entraîne un surgissement de la matière du fuseau et des matières sous-jacentes. C'est ainsi qu'il faut entendre le nom des soulèvements souvent donné à la théorie que nous exposons.

Il se produira, dans le cas le plus simple, par l'écrasement d'un fuseau, une ride embrassant toute une demi-circonférence de grand cercle. La différence entre la surface bombée de la ride et la surface supposée horizontale donnera la quantité dont la surface de la terre supposée sphérique et par suite son volume, auront diminué.

On comprend encore que cette grande ride unique puisse être remplacée par plusieurs rides parallèles, réparties de part et d'autre du grand cercle, axe du bourrelet primitif, la formation de ces rides dépendant des conditions locales et particulièrement des fractures préexistantes, et étant accompagnées de la formation de nouvelles fractures.

Rien n'autorise à penser qu'une telle révolution dont les effets mécaniques peuvent s'étendre sur une largeur de 10° de chaque côté du cercle, axe du bourrelet primitif, embrassant ainsi la dix-huitième partie de la surface du globe, doit être aussi limitée quant à ses effets physiques ; tout porte à croire, au contraire, que les conditions de la vie, la distribution des continents et des mers, de-

vront changer sur toute cette surface, et qu'un semblable événement doit modifier complétement la faune géologique, là même où, l'horizontalité primitive du sol n'ayant pas été changée, les couches antérieures et postérieures se retrouveront en stratification concordante.

Après cette débâcle, ce déluge si l'on veut, la terre se retrouvera dans les conditions où nous l'avons prise : bosselements nouveaux suivis d'une nouvelle révolution qui laissera encore pour trace un nouveau système de montagnes [1].

Dans l'exposition de cette théorie dont les premiers principes ont été posés par de Saussure, mais dont le développement complet appartient à l'illustre chef de la géologie française, et qui, je le répète, n'est encore qu'une hypothèse, j'ai à dessein laissé de côté toute discussion, toute critique, toute allusion à une théorie contraire ; je ne saurais cependant passer sous silence quelques faits qui me semblent réduire à néant et les hypothèses astronomiques (choc d'une comète) ou la théorie dite des causes actuelles, n'admettant que la pluie, le vent, les torrents, etc., comme causes de la production des montagnes.

L'unité qui se révèle dans la structure de chaque chaînon, dénote l'action d'une cause unique et instantanée et non pas une suite de phénomènes lents et successifs ; et d'ailleurs les partisans de cette théorie sont obligés d'admettre trois ou quatre changements brusques bien plus difficiles à expliquer qu'une longue série de révolutions en quelques sortes périodiques.

Enfin, le choc d'un corps en mouvement serait bien plus propre à produire des irrégularités rayonnant autour d'un centre que des rides parallèles sur une grande étendue. Il n'y a d'ailleurs aucun rapport direct entre la position des pôles et celle des chaînes de montagnes, ce qui exclut l'idée de toute cause astronomique, irrégulière ou régulière.

Indépendamment des mouvements lents, qui sont constatés de nos jours en Océanie, sur les côtes de la Suède, du Groenland et de la Bretagne et apportent une preuve à l'appui de ce qui a été dit sur la flexibilité de l'écorce terrestre, l'étude des déforma-

[1] Une des traditions américaines du déluge rapporte que le couple sauvé aborda en un endroit qui avait encore conservé la végétation des terres chaudes, et qui, cependant, était devenu terre froide. C'est la traduction du mot soulèvement.

tions actuelles du globe vient encore confirmer cette théorie. Si l'on fait abstraction, pour un instant, des chaînes de montagnes et des vallées d'érosion généralement peu profondes, la forme générale du globe s'écarte bien peu de celle d'un sphéroïde régulier. Le fond des mers ou des lacs n'est pas en général une surface tournant sa concavité vers le ciel, mais un simple méplat, une partie un peu moins concave, tandis que les plateaux élevés, comme ceux de Gobi, de Pinsk, la région des Portages, dans l'Amérique septentrionale, sont au contraire un peu plus convexes. Les différences que nous présentent les différentes parties du globe, sont donc dues à une augmentation ou à une diminution de la courbure de la surface, variations qui sont du même ordre que la différence entre les courbures du sphéroïde régulier au pôle et à l'équateur. On ne peut, par suite, dire, en parlant de ces dépressions étendues, que la surface du globe a dû s'écrouler, mais seulement s'affaisser.

Ces remarques perdent de leur justesse, quand, au lieu de les appliquer en grand, on les applique sur un espace de plus en plus restreint, et que l'on choisit cet espace dans des contrées où les soulèvements ont laissé des traces profondes. Mais il est bien évident que dans le fuseau qui a été écrasé latéralement, on doit s'attendre à des mouvements brusques du sol, à des dénivellations considérables et subites, qui ne permettent pas de rechercher la courbure de la surface terrestre en ces points exceptionnels. Les terrains plats qui sont séparés par une chaîne de montagnes, sont à des niveaux très-différents : la plaine de la Bavière bien au-dessus de celle du Rhin, celle du Kouen-Lun bien au-dessus de celles de la Perse et celles-ci bien au-dessus de celles du Bengale. Le Sahara est encore à un niveau différent, et cette décomposition en morceaux, élevés à des hauteurs différentes et séparés par des défauts que nous masquent les chaînes de montagne, est bien celle qu'on imagine pour les débris d'un fuseau écrasé.

III

Du réseau pentagonal.

La présence des chaînes de montagnes préexistantes doit avoir une influence sur la manière dont se produisent les bos-

sellements, c'est-à-dire sur la distribution des points où la courbure de la terre augmente ou diminue, et par suite sur la position du grand cercle de fracture, qui doit terminer chaque époque géologique. Il est probable encore qu'après un certain nombre de débâcles, les chances redeviendront favorables aux systèmes de fractures préexistantes. Il faut donc nous attendre à retrouver au bout d'un certain temps le retour de certaines directions[1].

On peut de même prévoir, jusqu'à un certain point, que, semblables aux fendillements que l'on observe sur toute matière, la chaux éteinte, par exemple, les fractures consécutives devront se couper à angle droit. L'exemple le plus remarquable qu'on en puisse citer nous est fourni par les systèmes des Andes, du Ténare et de l'axe volcanique de la Méditerranée, les plus récents à juger par les nombreux volcans en activité qui jalonnent leurs cercles de comparaison, et dont le premier a vraisemblablement été la cause de la révolution que toutes les traditions placent près de l'origine de notre race[2].

Nous avons déjà indiqué les relations d'angle fournies par l'observation pour les systèmes européens bien connus; d'un autre côté, les accidents orographiques sont tellement répartis sur la surface de la terre, sans en excepter le fond des mers, qu'un ensemble représentant les systèmes passés et futurs doit embrasser le globe entier. Or, le nombre des réseaux réguliers de grands cercles

[1] Le retour de la même direction, ainsi que l'égalité des angles formés par divers cercles de comparaison, étant un des motifs qui portent à rechercher dans un réseau régulier l'ensemble du système de montagnes, j'en donne ci-dessous quelques exemples.

Le système du Pilas et de la Côte-d'Or, des Pyrénées, de la Corse sont parallèles à ceux du Westmoreland, des Balkans et du nord de l'Angleterre. Les systèmes correspondants se sont succédé dans le même ordre.

[2] Cette relation si simple de la perpendicularité de deux systèmes de montagnes est trop facile à vérifier pour que je n'ajoute pas quelques exemples. En Asie, le système de Thian-Chan est perpendiculaire, ainsi que celui du Whindya (Inde centrale), au système des Ghauts et du Bolor. En Amérique, le système des Pyrénées est perpendiculaire à celui du grand plateau mexicain, et les géologues américains ont signalé dans le Massachusetts un système perpendiculaire à celui des Ballons. En Europe, le système de l'Angleterre et celui des Pays-Bas sont encore perpendiculaires.

Le système de la chaîne principale des Alpes, celui du Finistère sont perpendiculaires à celui de la Vendée. Le premier est encore perpendiculaire à celui du Forez.

que l'on peut tracer sur la sphère ou du moins de leurs mailles fondamentales est très-limité. Cette maille doit être en effet une figure régulière, telle qu'en la plaçant un certain nombre de fois à côté d'elle-même, elle puisse, pour ainsi dire, paver la sphère, comme le triangle équilatéral, le carré et l'hexagone régulier peuvent paver le plan. Sur la sphère le triangle et le pentagone jouissent seuls de cette propriété. M. Elie de Beaumont a choisi le pentagone. Pourquoi? Il faudrait entrer dans des détails trop géométriques pour en faire saisir tous les avantages.

On sait que les prismes de basalte ont souvent une section hexagonale. L'hexagone est, parmi les trois polygones réguliers (triangle, carré ou hexagone) qui peuvent paver le plan, celui qui enveloppe la plus grande surface sous le même périmètre et par suite suivant lequel, en vertu du principe que nous avons déjà évoqué, doit se fendiller un prisme homogène en retrait pour que le travail des forces produisant la rupture soit le plus petit possible.

Le pentagone jouit sur la sphère des mêmes propriétés; c'est peut-être une des raisons qui ont porté l'éminent géologue à le choisir. Le réseau comprend non-seulement l'ensemble des mailles fondamentales, mais encore tous les cercles qui joignent les différents sommets entre eux et avec les centres des douze pentagones. Ces cercles donnent par leurs intersections des points remarquables qui, joints à leur tour entre eux et aux sommets primitifs, donnent encore de nouveaux cercles et ainsi de suite; on peut ainsi tracer sur la sphère une infinité de cercles appartenant tous au réseau pentagonal, mais ayant des relations en quelque sorte de moins en moins intimes avec les cercles primitifs du réseau; de même que les faces possibles des cristaux sont en nombre infini et ont des rapports de moins en moins simples avec les faces de la forme primitive. Quoique ces cercles, comme les faces possibles d'un cristal, soient en nombre infini, un cercle quelconque ne peut pas faire plus partie du réseau pentagonal qu'un plan pris au hasard ne peut être possible pour une forme primitive donnée.

Telle est la composition générale du réseau pentagonal. Les observations faites sur les angles des grands cercles de comparaison des systèmes de montagnes montrent que ces angles rentrent dans le tableau général des angles que forment entre eux les cercles du réseau, sans qu'on soit obligé de s'écarter outre mesure des cercles primitifs de celui-ci pour aller chercher des cercles d'un

ordre inférieur. Il suffisait donc d'installer le réseau sur quelques systèmes bien choisis pour lui faire comprendre l'ensemble des grands cercles de comparaison.

En prenant pour les cercles importants du réseau les trois cercles à angle droit dont j'ai déjà parlé, les Andes, le Ténare et l'axe de la Méditerranée, tout le réseau est déterminé ; on peut alors, ou bien calculer, comme M. Elie de Beaumont l'a fait, la position des points principaux et par suite des cercles principaux du réseau, ou les tracer sur la sphère et voir ainsi la coïncidence heureuse des systèmes de montagnes avec ceux-ci.

Non-seulement les systèmes de montagnes connus sont représentés par des cercles du réseau, mais ceux de ces cercles qui n'en représentent point, jouent encore un rôle important dans la constitution de l'écorce, soit en déterminant les limites des fractures parallèles aux autres cercles, ou en jalonnant des accidents qui ne semblent avoir aucune relation entre eux jusqu'à présent.

Il serait oiseux de suivre ici, sans donner de carte à l'appui, le cours d'un de ces cercles, qui passent non-seulement par un ou deux points remarquables, mais en jalonnent une quantité considérable et avec une précision qu'on ne pourrait guère attendre d'une première ébauche, puisque c'est avec une approximation variant de 1,500 à 5,000 mètres, et qu'il faut tenir compte de ce que les diamètres des masses éruptives dépassent quelquefois 30 kilomètres.

La cause des phénomènes que nous avons étudiés, quelle qu'elle soit, n'est pour rien, il faut bien le remarquer, dans la symétrie pentagonale ; on pourrait ne chercher à cette symétrie d'autre raison d'être que sa régularité elle-même : régularité qu'on doit s'attendre à trouver dans les accidents d'un corps sensiblement sphérique. Loin d'être une déduction théorique, ce résultat impose à la théorie de la terre la nécessité de l'expliquer ; et si j'ai intercalé dans l'exposition des faits quelques développements sur l'hypothèse qui fait dériver du refroidissement séculaire de notre planète toutes ses révolutions, ça été pour montrer combien cette hypothèse s'accordait bien avec les faits, et avait pu jusqu'à un certain point aider à découvrir les relations entre les différents systèmes de montagnes, et leur existence elle-même.

Mais quand même les progrès de la science montreraient la nécessité d'abandonner cette théorie, les faits qu'elle a pour but

d'expliquer n'en existeraient pas moins, et il est bien regrettable que l'enseignement élémentaire de la géographie ne se les soit pas appropriés[1].

A. Reitop.

II

LES HAUTES RÉGIONS DE L'ATMOSPHÈRE

I

Hypothèses sur la hauteur de l'atmosphère. — Ascensions aérostatiques. — Décroissement de température[2]. — Vitesse de ce décroissement.

Si l'on soumet au calcul la question de savoir à quelle limite les molécules gazeuses se détacheraient de l'atmosphère par l'excès de leur force centrifuge sur l'attraction terrestre, on trouve une distance d'environ 36,000 kilomètres. Notre océan aérien est cependant loin d'avoir cette étendue. L'étude des pressions décroissantes, faite à l'aide du baromètre, montre qu'à la hauteur de 48 kilomètres on ne rencontrerait déjà plus une quantité d'air appréciable par les moyens dont nous disposons. La constatation de certains phénomènes lumineux exige toutefois une élévation beaucoup plus grande. Dans la zone intertropicale, et particulièrement à Rio-Janeiro, M. Liais a fait des observations sur les arcs crépusculaires et sur la limite de la polarisation atmosphérique, qui donnent un résultat compris entre 320 et 340 kilomètres. D'après les mesures relatives aux étoiles filantes, dont l'origine cosmique

[1] Des exemples de ces coïncidences, au moins curieuses, des cercles du réseau avec des accidents remarquables, ont été donnés par M. de Chancourtois; nous en choisissons un : un même grand cercle joint les points suivants, remarquables par des émanations bitumineuses : *Salzes, des bouches du Mississipi*, régions de l'Ohio et de l'Alleghany, remarquables par leurs sources de pétrole (Mecca et Oil Creek); les fumerolles de Reykholar et la soufrière du Krafla, en Islande; la rive de la Caspienne, non loin de Bakou, et le lac salé du Seistan.

[2] Voyez dans l'*Annuaire* de 1864 l'article de M. Menn de Saint-Mesmin sur la *Navigation aérienne*.

est de plus en plus certaine, on est conduit, selon M. Quételet, à admettre trois à quatre fois la hauteur déduite des pressions. Ce savant émet en outre, sous forme hypothétique, les vues suivantes :

Il y aurait dans l'atmosphère deux couches de composition différente, dont l'inférieure, qu'il appelle *atmosphère instable*, participe au mouvement rotatoire du globe, en étant sujette à des courants de toute espèce, tandis que la supérieure, *l'atmosphère stable*, d'une densité très-faible, mais d'une composition plus favorable à l'inflammation et à l'éclat des météorites, persisterait dans un état d'immobilité relative [1]. Une analogie apparaît là, en sens inverse, avec notre Océan liquide, dont les couches profondes sont tranquilles, tandis que les courants et les contre-courants s'entrecroisent au voisinage de la surface.

Nos connaissances sur ces régions extrêmes de l'atmosphère sont trop peu étendues pour que nous croyions utile de rappeler les hypothèses nombreuses qui remplacent ici les faits acquis par l'observation, et nous voulons nous occuper seulement de la portion de notre atmosphère qui est accessible à l'expérience, et dans laquelle de courageux explorateurs ont pu porter leurs instruments, soit en s'élevant en aérostat, soit en gravissant de hautes montagnes. Pilâtre de Rosier et le marquis d'Arlandes y pénétrèrent les premiers, en 1783, dans un simple ballon à feu, construit par Etienne Montgolfier. Le jeune et audacieux physicien, qui devait périr bientôt après victime de sa témérité et de son dévouement à la science, dépeint ainsi le voyage :

« ... Arrivés dans les nuages, la terre disparut entièrement à nos yeux ; un brouillard très-épais semblait nous envelopper, puis un espace plus clair nous rendait la lumière. De nouveaux nuages, ou plutôt des amas de neige, s'amoncelaient rapidement sous nos pieds (on était pourtant au cœur de l'été) ; nous en étions environnés de toutes parts : une partie tombait perpendiculairement sur les bords extérieurs de notre galerie, qui en retenaient une assez grande quantité ; une autre fondait en pluie sur Versailles et

[1] On pourrait être étonné qu'une atmosphère raréfiée fût, dans les idées de M. Quételet, plus favorable à la combustion qu'une atmosphère plus dense, si on ne savait que le phosphore, si inflammable cependant, n'émet pas de vapeur, reste inaltéré dans l'oxygène pur à la pression ordinaire, mais devient au contraire lumineux dans l'oxygène raréfié par l'action de la machine pneumatique.

sur Paris : le baromètre était descendu de neuf pouces, le thermomètre de seize degrés. Curieux de connaître la plus grande élévation à laquelle notre machine pouvait atteindre, nous résolûmes de porter au plus haut degré la violence des flammes en soulevant notre brasier et soutenant nos fagots sur la pointe de nos fourches. Parvenus aux plus hautes de ces montagnes glacées, et ne pouvant plus rien entreprendre, nous errâmes quelque temps sur ce théâtre plus que sauvage, théâtre que des hommes voyaient pour la première fois. Isolés et séparés de la nature entière, nous n'apercevions plus que ces énormes masses de neige qui, réfléchissant la lumière du soleil, éclairaient alors l'espace que nous occupions. Nous restâmes huit minutes sur ces monts escarpés, à 11,732 pieds de la terre, dans la température de cinq degrés au-dessous de la glace, ne pouvant plus juger de la vitesse de notre marche, puisque nous avions perdu tout objet de comparaison. A peine étions-nous sortis de cette espèce d'abîme, que nous vîmes tout à coup le spectacle le plus admirable; les campagnes nous apparurent dans leur plus grande magnificence. Nous passâmes en une minute de l'hiver au printemps : nous vîmes un terrain lumineux couvert de villes, de villages, qui, en se confondant, ne ressemblaient plus qu'à de beaux châteaux entourés de jardins...»

Les observations sur ces hautes régions, qu'une première exploration montrait si dignes de fixer l'attention des savants, ne furent faites en grand nombre et avec précision qu'en 1803 et 1804, par Robertson, à Hambourg et à Saint-Pétersbourg ; par Biot et Gay-Lussac à Paris. Au moyen d'aérostats remplis d'hydrogène, la hauteur de 7 kilomètres fut atteinte. Vingt observations de thermomètre, pendant un beau temps, donnèrent pour résultat que la température change d'un degré pour 173 mètres d'élévation. A partir du sol, où elle était de 27° 75, elle s'abaissa à 9° 5 quand Gay-Lussac arriva au terme de sa seconde ascension. Il voyait encore des vapeurs au-dessus de lui. Dans le premier voyage il n'y eut plus de nuages à partir de 1,200 mètres, le ciel très-pur avait au zénith la couleur intense du bleu de Prusse. A trois kilomètres, les animaux qu'on avait emportés parurent souffrir de la raréfaction de l'air. A 500 mètres plus haut, une linotte, ayant été lâchée, s'envola immédiatement, revint d'abord se poser sur le bord de la nacelle, puis, rassemblant ses forces, elle prit de nouveau sa volée et se précipita en tournoyant vers la terre ; un pigeon se

plongea dans l'abîme en décrivant une spirale à la manière des oiseaux de proie. Des échantillons d'air pris dans ces régions furent analysés plus tard et présentèrent une identité parfaite de composition avec celui de la surface terrestre. On constata qu'un long fil suspendu au-dessous du ballon se chargeait d'électricité négative, qui augmentait de tension à mesure qu'on s'élevait. Gay-Lussac vit au contraire diminuer la durée des oscillations horizontales d'un aimant, ce qui indique l'affaiblissement progressif de la force magnétique.

Nous devons mentionner la tentative que fit en 1806 Carlo Brioschi, astronome royal de Naples, pour s'élever plus haut que ses prédécesseurs. Le ballon creva, mais garda heureusement assez de volume pour ralentir la vitesse de la chute. Depuis cette époque, aucune ascension n'eut lieu jusqu'à celles du 27 juin et du 26 juillet 1850, entreprises par MM. Bixio et Barral. Les aéronautes s'arrêtèrent dans la seconde à 7000 mètres, après avoir traversé un banc de nuages de 5,000 mètres au moins, car ils y étaient encore quand une fente dans leur ballon les força à songer au retour. Ils avaient trouvé un froid de 39°7 au milieu de ces nuages, qui leur parurent entièrement composés de très-petites aiguilles de glace. Cette observation sembla si extraordinaire, qu'on voulut d'abord l'attribuer à une erreur ; mais il faut remarquer que l'éminent physicien anglais, M. Welsh, dans l'une des quatre ascensions qu'il fit à Londres en 1852, pour étudier la loi du décroissement des températures, constata à la même hauteur un abaissement du thermomètre à 24°. De nouvelles expériences parurent nécessaires : elles furent entreprises en 1862 et 1863 par M. Glaisher, le savant directeur du service météorologique à l'observatoire de Greenwich. Dans cette exploration de l'atmosphère, le ballon était guidé par un aéronaute très-habile, M. Coxwell, qui a déjà fait près de cinq cents ascensions. Les voyageurs atteignirent la hauteur de 10 kilomètres, qu'on ne pourra probablement pas dépasser à cause des accidents physiologiques qui se manifestent dans un air trop rare. A 5,800 mètres, M. Glaisher avait les mains et les lèvres bleuies ; à 6,400 mètres il entendait les battements de son cœur, dont le nombre dépassait 100, et sa respiration était gênée. Le 5 septembre 1862 il perdit connaissance à 8,850 mètres, et ne revint à lui que lorsque le ballon redescendit au même niveau. M. Coxwell, à 10,000 mètres, perdit

l'usage de ses mains, et ce ne fut qu'à 7,000 mètres qu'on put reprendre les observations.

Des dernières expériences relatives au décroissement de température ressort une détermination plus nette de la loi qui la règle généralement lorsque le ciel est découvert. Sauf quelques corrections qu'on aura peut-être à faire après d'autres observations, on peut donner pour la quantité dont il faut s'élever verticalement de manière à avoir une diminution d'un degré, les nombres suivants :

Près du sol..	76 mètres.
Vers 1000 mètres..	160 mètres.
Vers 2000 mètres..	196 mètres.
Vers 3000 mètres..	210 mètres.
Vers 4000 mètres..	240 mètres.
Vers 5000 mètres..	290 mètres.
Vers 6000 mètres..	390 mètres.
Vers 7000 mètres..	480 mètres.
Vers 8000 mètres..	550 mètres.
Vers 9000 mètres..	580 mètres.

Par un ciel couvert, la loi obtenue par Gay-Lussac s'est confirmée ; il faut seulement substituer 165^m à 173^m pour l'élévation uniforme correspondante à une baisse d'un degré. On arrive ainsi à un résultat identique avec celui qui a été trouvé par les observations faites sur le flanc des montagnes.

Rarement l'atmosphère se trouve dans des conditions si régulières. La marche des températures est très-souvent interrompue par des variations considérables, en sens opposés, qui paraissent dues à des courants aériens se mouvant dans différentes directions, et que les météorologistes ont depuis longtemps constatés par l'observation des couches de nuages superposés. Nous rencontrons plusieurs fluctuations semblables dans les ascensions de M. Glaisher. Le 17 juillet 1862 la diminution était à peu près uniforme au-dessous des nuages. En passant au-dessus il y eut un accroissement de 3°,3, ensuite la température s'abaissa de nouveau jusqu'à 3° et se maintint à ce point entre les hauteurs de 3 et 4 kilomètres. Une autre hausse se manifesta jusqu'à 5°,6, entre 4 et 6 kilomètres, et elle fut suivie d'une baisse rapide jusqu'à 9°, correspondante à 8 kilomètres environ. Le 18 août suivant, après une diminution régulière, on rencontra à 1,200 mètres un courant

d'air chaud qui s'étendait jusqu'à la hauteur de 5,200 mètres, à partir de laquelle la baisse redevint continue jusqu'au point le plus élevé. En redescendant, la limite inférieure de ce courant chaud était situé à 2 kilomètres du sol, et les nuages commençaient à se former. Le 5 septembre, en sortant des nuages, la température s'éleva de 5 degrés et resta ensuite uniforme jusqu'à la hauteur de 4,700 mètres, où se présenta un courant chaud dont on n'était pas sorti à 7,300 mètres.

Les courants des régions supérieures sont souvent beaucoup plus rapides que ceux qui règnent à la surface terrestre. Ainsi, pendant l'ascension du 11 juillet 1863, l'anémomètre de Greenwich n'indiquait, entre cinq et neuf heures, qu'une vitesse du vent de trois kilomètres, tandis que le ballon parcourait constamment 27 kilomètres à l'heure. Une autre fois M. Coxwell franchit 104 kilomètres pendant que sur terre il y avait un courant de 22 seulement.

On comprend qu'il est difficile, au milieu des fréquents mouvements des couches atmosphériques, de déterminer la loi générale des variations de la quantité d'humidité qni y est contenue à différentes hauteurs. D'après les observations recueillies, la fraction de saturation de l'air, au-dessus de 2000 mètres, serait d'environ 75, et pour la série hygrométrique, relative à des hauteurs espacées de 300 mètres, jusqu'à l'altitude de 8 kilomètres, on est ensuite arrivé aux nombres suivants : 64, 58, 52, 52, 48, 48, 45, 58, 55, 45, 33, 21, 36, 33, 12, 31, 16. Les derniers termes indiquent une sécheresse plus grande que celle qui avait été observée par Gay-Lussac.

Nous pouvons nous former par ce qui précède, une première idée des hautes régions de l'atmosphère ; pour les connaître plus complétement nous allons les aborder par une autre voie, par les étages supérieurs de nos chaînes de montagnes. Il est bon de remarquer cependant que les ascensions en ballon doivent désormais avoir la préférence. Par ces sortes de coups de sonde dans les couches aériennes on évite l'influence considérable, comme nous le verrons, du sol et des glaces des montagnes. En s'associant un aéronaute expérimenté, on fait la plupart du temps les observations dans une parfaite tranquillité et les accidents deviennent si rares, que M. Glaisher n'a pas hésité à emmener plusieurs fois avec lui son jeune fils, âgé de quatorze ans. Dans les montagnes, quand

la raréfaction de l'air se joint aux efforts musculaires qu'on est obligé de faire pour avancer péniblement sur les glaces, de vives douleurs se font sentir, et le naturaliste se trouve dans de mauvaises conditions pour apporter à ses observations tout le soin désirable.

II

Ascensions sur les montagnes. — Causes diverses du froid des hautes régions.

De Saussure, par des expériences faites avec son héliothermomètre, a montré que les rayons solaires sont plus chauds au sommet des montagnes que dans la plaine. Une notable portion de calorique est absorbée dans ce dernier cas par l'air plus dense des couches inférieures et surtout par la vapeur d'eau qu'elles renferment. Plusieurs voyageurs ont parlé de l'extrême ardeur de ces rayons. Gay-Lussac, pendant son ascension, avait les mains tellement brûlantes, qu'il fut obligé d'ôter ses gants. M. Tyndall, raconte qu'en traversant au sommet des Alpes une épaisse couche de neige frappée par le soleil, il sentait sa tête en feu.

Tout récemment M. Martins a repris cette question par une série d'observations établies simultanément, les unes à Bagnères, à une hauteur de 551 mètres au-dessus de l'Océan; les autres au sommet du Pic du Midi, à 2,877 mètres. Le maximum de température observé sur le pic, pour un thermomètre exposé au soleil, fut de 52°,3, le 10 septembre, à 11 h. 30, l'air, à l'ombre, était à 13°,2; tandis qu'à Bagnères, le 9 septembre, à 2 heures, l'air à l'ombre était à 27,1; le thermomètre placé au soleil, marqua seulement 50°,3 [2],

On a démontré d'autre part, que relativement à l'air ambiant le sol s'échauffe davantage dans les montagnes que dans les plaines. Nous rapporterons à ce sujet le résultat de l'expérience faite par M. Ch. Martins à 3,930 mètres de hauteur sur une couche de sable siliceux. Exposée au soleil, cette couche donnait 12°,3 pour température moyenne, entre neuf heures du matin et quatre heures du soir, tandis que la température de l'air était de — 3°,1. Le plus grand écart entre le sable et l'air s'était élevé à 23°,1 ; le

[1] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 646, 1864.

moindre à 6°,9. « Cet échauffement relativement si notable de la surface du sol, exerce, dit M. Martins, une puissante influence sur la géographie physique des Alpes ; c'est lui qui relève la limite des neiges éternelles, dont la fusion est due principalement à l'échauffement du sol. Tous les voyageurs qui ont abordé ces hautes régions, savent que dans les Alpes, les neiges fondent principalement en dessous, par l'effet de la chaleur de la terre. Souvent quand on met le pied sur le bord d'un champ de neige, le poids du corps fait rompre une croûte superficielle qui ne repose pas sur le sol, dont la chaleur a fondu la couche de neige en contact avec lui. »

Dans ses dernières observations, M. Martins a encore trouvé que la température moyenne, déterminée à l'aide d'un thermomètre enfoui à 5 centimètres dans du terreau, était de 25°,5 à Bagnères, supérieure seulement de 3°,2 à celle de l'air ; tandis que sur le Pic elle a été de 17°,1, supérieure de 7° à celle de l'air qui entourait ce pic élevé.

Mais pourquoi la neige et la glace se trouvent-elles en si grande abondance sur ces montagnes, si leur sol est ainsi échauffé par les rayons solaires ? D'un côté, l'air enveloppant, raréfié par suite de la faible pression, n'absorbe qu'une fraction extrêmement petite de leur calorique ; de l'autre la chaleur communiquée par le sol de la plaine et par la vapeur des couches inférieures se trouve considérablement diminué comme le montrent les observations que nous avons citées. Le rayonnement nocturne est en outre une très-puissante cause de refroidissement pour les surfaces placées dans les régions atmosphériques élevées, où elles n'ont au-dessus d'elles que de l'air extrêmement sec. On sait combien la température s'abaisse la nuit dans certaines contrées, lorsqu'elles ne sont pas protégées par une couche d'air humide. Dans le Sahara, où pendant la journée on est exposé à la température la plus ardente, il règne vers la fin de la nuit un froid très-vif. Le même phénomène s'observe dans l'intérieur de l'Australie et dans les steppes centrales de l'Asie. Les deux pôles de froid de notre hémisphère, placés à Yakuzk, en Sibérie, et dans l'île de Melville, au nord de l'Amérique, doivent surtout leur basse température (42° en moyenne), à la sécheresse de l'atmosphère polaire qui n'oppose aucun obstacle au rayonnement vers l'espace. C'est dans des conditions analogues que se trouve la partie supérieure

des hautes montagnes. Un instrument que M. Pouillet désigne sous le nom d'actinomètre, permet d'étudier les effets du rayonnement. L'observation montre qu'ils augmentent à mesure qu'on s'élève, et dans une proportion plus rapide que la hauteur. Entre Brienz et le sommet du Faulhorn, le rapport se trouve être de 1 à 1,36 et de 1 à 1,98, entre Chamounix et le grand plateau du mont Blanc. Dans cette dernière station, située à 3,960 mètres d'altitude, le rayonnement est déjà considérable à cinq heures du soir, quand le soleil n'a pas encore disparu. D'après M. Martins, un thermomètre librement suspendu dans l'air, marquait en ce moment 5°,6, un thermomètre légèrement recouvert de sable 11°,4, et un autre placé à la surface de la neige, 17°.

On distingue sur les montagnes deux espèces de neige: le névé, qui, après avoir été fondu le jour, regèle pendant la nuit, et forme une surface dure sur laquelle on peut marcher sans enfoncer; ensuite une fine poussière qui tombe dans des régions plus hautes et ne fond plus. Cette dernière possède un pouvoir émissif d'une très-grande intensité. Des observations faites dans les derniers jours d'août ont donné un abaissement moyen à — 19°, l'air étant à 6°. « Ce prodigieux pouvoir rayonnant, dit M. Martins, est une cause puissante de refroidissement pour les hautes montagnes où il neige tous les mois de l'année. On n'ose calculer quelle doit être en hiver la température de cette neige lorsque celle de l'air descend à 30 degrés par exemple. Si les rapports sont les mêmes, la neige par une nuit calme et sereine doit marquer à la surface 43 degrés. » La détermination du minimum de température qu'atteint la neige pulvérulente en hiver sur les montagnes est encore très-incertaine. M. Tyndall a obtenu 30°, à 4,400 mètres d'élévation.

Le sol et l'air des montagnes se refroidissent aussi par l'évaporation, qui donne lieu au phénomène désigné par Peltier, sous le nom de *fumage des montagnes*. Souvent, dans les hautes régions, des brumes sortent du sol et s'élèvent dans l'air comme si des feux avaient été allumés sur plusieurs points. C'est l'indice d'une évaporation active, qui augmente à mesure que la pression et l'état hygrométrique s'abaissent.

M. Ch. Martins a attiré l'attention[1] sur une autre cause de re-

[1] *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tome LVIII.

froidissement, la dilatation de l'air dans les courants ascendants [1]. On est souvent témoin sur les hautes montagnes d'un phénomène qui rend ces courants très-apparents. Pendant le beau temps, de grandes couches de brume sont étendues au fond des vallées. Elles restent d'abord immobiles, s'élèvent ensuite peu à peu le long des pentes et, arrivées aux sommets, se détachent pour former des orages. C'est l'air qui se dilate au contact du sol échauffé, et monte en suivant les flancs de la montagne frappés par les rayons solaires. La pression décroissant, cette dilatation augmente et l'air emprunte nécessairement de la chaleur aux corps environnants. M. Martins trouve 0°,32 pour la fraction thermométrique qui en dérive, si l'on suppose l'abaissement moyen d'un degré pour 180 mètres d'élévation.

Le voyageur qui s'élève sur les hautes cimes, n'a pas autant à redouter le grand froid qui résulte des causes précédemment énumérées, que celui déterminé par l'agitation de l'air. Nous avons vu que les aéronautes ont constaté, dans les couches supérieures, des courants beaucoup plus violents que ceux de la surface terrestre. Sur les montagnes on trouve presque toujours des vents très-forts, même quand il fait calme dans la plaine. Souvent pas une feuille ne remue dans la vallée de Chamounix, pendant que d'impétueuses rafales emportent la neige au sommet du mont Blanc.

A ces causes physiques d'abaissement de température que subit le hardi voyageur qui explore les hautes régions, s'en joignent d'autres qui ont leur siége dans la structure même de ses organes. L'air qu'on respire dans les lieux élevés, contient moins d'oxygène sous un volume donné, et le sang dissout le gaz avec plus de difficulté, quand la pression est faible. De là une diminution dans l'énergie de la combustion [2], qui paraît jouer le principal rôle dans le phénomène du *mal de montagne*. Une grande difficulté à respirer, des nausées, des saignements aux lèvres et de violentes douleurs de tête commencent à se manifester chez les voyageurs

[1] La théorie mécanique de la chaleur indique que la dilatation de l'air non accompagnée de travail n'est pas une cause de refroidissement (*Voir* plus haut : Chaleur solaire et forces terrestres), mais elle indique aussi que si l'air pousse pour s'élever une autre masse d'air, il y aura travail produit et par suite refroidissement; c'est là sans doute ce qui a lieu dans le fait invoqué par M. Ch. Martins.

[2] Voyez dans l'*Annuaire de* 1864. — Le chaleur animale.

quand ils arrivent à des hauteurs variables, selon les individus, de deux à cinq kilomètres. M. Glaisher, comme nous l'avons vu, éprouvait de semblables symptômes dans son aérostat. Le mal diminue quand, dans les moments d'arrêt, on peut multiplier les inspirations. L'homme n'a pas été organisé comme l'oiseau pour traverser des couches d'air d'une densité différente. Celui-ci est pourvu de sacs aériens qui communiquent avec les poumons comme avec l'intérieur des os, et peuvent emmagasiner une grande quantité d'air, qu'ils rendent ensuite au poumon quand la diminution de la pression extérieure l'exige. On parvient, il est vrai, à s'habituer aux régions élevées, lorsqu'au lieu d'y faire une ascension rapide, on prend le temps nécessaire pour que le corps puisse s'harmoniser avec les conditions nouvelles. De nombreuses populations vivent sans éprouver de souffrance dans les villes de Quito et de Potosi, situées aux altitudes de 2,908 et de 4,166 mètres dans les Andes. M. Boussingault, après y avoir séjourné pendant quelque temps, put facilement supporter la basse pression du sommet du Chimborazo.

III

Distribution de la chaleur dans l'atmosphère. — Limite des neiges éternelles. — Propriétés curieuses de la glace. — Mouvement des glaciers.

Que nous explorions les hautes régions de l'atmosphère avec nos aérostats, ou que nous gravissions les cimes escarpées des montagnes, nous y rencontrons toujours une température rapidement décroissante. Ces températures varient non-seulement suivant les hauteurs, mais suivant les latitudes.

On peut se former une idée générale de la distribution des températures dans l'atmosphère en traçant sur le globe les lignes isothermes et en imaginant des surfaces partant de ces lignes pour rejoindre, à différentes hauteurs au-dessus de l'équateur, les couches d'air de température moyenne correspondante. Dans chaque méridien, une semblable surface, à laquelle M. Mühry donne le nom d'*hypsotherme*, détermine une courbe à peu près elliptique. Celle qui correspond à l'isotherme de 23° s'élève progressivement jusqu'à 1,300 mètres; celle de 15° (latitude de 40°), à 2,700 mètres; celle de 14° (latitude de 75°) à 10,000 mètres.

Considérons en particulier la surface hypsotherme de 0° qui touche d'un côté à peu près le parallèle de 65° et de l'autre monte à 5,300 mètres au-dessus de la mer, à l'équateur. Dans ses oscillations annuelles elle atteint, en été, ce qu'on nomme la *limite des neiges perpétuelles*, élément dont la détermination pour chaque chaîne de montagne aide beaucoup à caractériser le climat des contrées voisines. On ne saurait cependant déduire cette limite de la seule température moyenne. La plus grande hauteur qu'on a pu observer n'est ni à l'équateur ni même dans la zone intertropicale, et une analyse plus rigoureuse du phénomène exige qu'on tienne compte de l'état hygrométrique de l'air et de la forme même des montagnes. Humboldt, en s'appuyant sur de nombreuses observations, indique l'influence des causes suivantes :

« La direction des vents régnants et leur contact, soit avec la mer, soit avec la terre ; — le degré habituel de sécheresse ou d'humidité des couches supérieures de l'atmosphère; — l'épaisseur absolue de la masse de neige qui est tombée et qui s'est accumulée ;—le rapport entre la hauteur de la limite inférieure des neiges et la hauteur totale de la montagne ; — la position relative de cette dernière dans la chaîne dont elle fait partie; — l'escarpement des versants ; — le voisinage d'autres cimes également couvertes de neige perpétuelle; — l'étendue et la hauteur absolue des plaines au sein desquelles la cime neigeuse s'élève comme un pic isolé, ou sur la croupe d'une chaîne de montagne. Ces plaines agissent différemment selon qu'elles sont situées au bord de la mer, à l'intérieur des continents, ou qu'elles sont formées de forêts, de prairies, de marécages ou bien de sables arides et de grands blocs de rochers. »

La chaîne des Andes a sa ligne de neiges perpétuelles à 4,700 mètres de hauteur dans la région équatoriale. En avançant vers le sud on la voit s'élever encore, et par 16° de latitude, au Chili, elle se trouve à 5,500 mètres. Plus loin, par 32°, un immense volcan, l'Aconcagua, plus haut de 450 mètres que le Chimborazo, se montre quelquefois en été, quand le ciel est très-pur, entièrement dépouillé de neige. Dans l'hémisphère boréal, la limite baisse au contraire progressivement, et sur le plateau du Mexique, par 21° de latitude, elle n'est plus qu'à 4,400 mètres de hauteur. Cette élévation est très-grande en comparaison de celle que nous

trouvons dans nos Alpes d'Europe, qui ont leur ligne des neiges à 2,826 mètres en moyenne. Sur les montagnes de la Norwége, elle descend à 1,690 mètres, et à 1,169 mètres en Laponie. Dans l'île des Ours, au sud du Spitzberg, la neige est perpétuelle à 110 mètres de hauteur, et à la pointe sud-ouest de cette dernière île elle ne fond jamais au niveau de la mer.

L'Himalaya présente un remarquable exemple de l'influence exercée par le voisinage d'un grand plateau sur la limite des neiges. Le versant nord, qui fait face au Thibet, présente cette limite à 4,068 mètres d'altitude, tandis que sur le versant sud on la trouve déjà à 3,956 mètres.

Au-dessus de la ligne dont nous venons de parler se trouvent donc sur les montagnes des régions dans lesquelles ne pénètre pas assez de chaleur pour fondre la neige qui continue cependant à y tomber. Que deviennent alors ces dépôts successifs? Ne semble-t-il pas que d'immenses montagnes nouvelles devraient s'être élevées? Le calcul fait en partant de la couche moyenne de l'année donnerait pour résultat une demi-lieue durant la courte période de l'ère chrétienne; la hauteur correspondante aux périodes géologiques dépasse tout ce que nous pouvons imaginer.

On voit bien, de temps en temps, des masses de neige se détacher et se précipiter en avalanches dans les vallées, mais ces chutes violentes sont loin de compenser l'excès annuel de charge. Un autre phénomène, dont on a récemment découvert les lois, après un grand nombre de courageuses explorations, maintient l'équilibre qui se manifeste dans les surfaces neigeuses des montagnes, c'est la formation et le mouvement des glaciers.

Dans une suite de couches de neige superposées, les portions les plus profondes se compriment et se consolident. Elles prennent de plus en plus le caractère de la glace, mais cette glace, devenue même très-dure, peut céder encore à de nouvelles pressions. Les couches inférieures, dans une grande masse solidifiée, doivent donc céder sous le poids des couches supérieures, et si elles reposent sur une pente, ce sera dans la direction de cette pente. Elles tendront donc à descendre, comme on l'observe effectivement sur toutes les montagnes couvertes de neige.

Avec ce mouvement dû à la pression, la masse entière a encore un mouvement de glissement sur le sol incliné, dont elle émousse et sillonne les rochers les plus durs. « La couche inférieure de ce

puissant polissoir, dit M. Tyndall [1], est aussi creusée par les roches sur lesquelles elle passe; mais à mesure que la masse compacte de neige glacée descend, elle entre dans une région plus chaude, elle est plus abondamment fondue et quelquefois, avant d'avoir atteint la base de la pente, elle est entièrement tranchée ou anéantie par la fusion. Quelquefois aussi de larges et profondes vallées reçoivent la masse gelée ainsi poussée en bas. Après s'être consolidée encore davantage dans cette vallée, cette masse continue de descendre d'un pas lent, mais mesurable, imitant dans tous ses mouvements le cours d'une rivière. »

Le glacier est ainsi amené au-dessous de la limite des neiges perpétuelles, jusqu'à ce qu'il y ait égalité entre la perte de la partie inférieure et le gain de la partie supérieure où tombent les averses de neige. Pendant sa descente, les accidents du terrain font considérablement varier sa forme et la vitesse de ses mouvements. Le résultat des études intéressantes qui ont été faites à ce sujet est ainsi résumé par M. Tyndall :

« Quelques vallées remplies par des glaciers peuvent se réunir en une vallée unique ; les *glaciers tributaires* se soudent alors pour former un *glacier tronc*. La vallée principale et ses tributaires sont souvent sinueux, et les glaciers tributaires doivent changer de direction pour former le tronc. La largeur de la vallée change souvent aussi, et le glacier est forcé de se rétrécir dans des gorges étroites pour s'élargir de nouveau après les avoir traversées ; le centre du glacier se meut plus vite que les côtés, et la surface plus vite que le fond. Le point de mouvement plus rapide ou le maximum de vitesse suit la loi observée pour le point correspondant du cours des rivières, allant d'un côté à l'autre, quand le pli de la vallée change. Sur la plupart des grands glaciers des Alpes, la vitesse au centre en été est de 66 centimètres par jour. Il est sur la mer de glace, en face du Montanvert, des points où la progression diurne est de 60 centimètres en été et de 30 centimètres en hiver. »

Les glaciers coulent pour ainsi dire dans les canaux qu'ils traversent en se moulant sur eux. Une discussion s'est récemment élevée à ce sujet entre les savants. Un célèbre explorateur,

[1] *La chaleur considérée comme mode de mouvement;* traduction de M. l'abbé F. M. Moigno.

Mgr. Rendu, et M. le professeur Forbes, attribuent de la v scosité à la glace, et le phénomène, à première vue, se passe comme si elle était douée de cette faculté ; mais on peut en donner une autre explication en s'appuyant sur le fait du regel, ou facile soudure de la glace brisée, quand sa surface est humide. M. Tyndall a montré que de nombreux morceaux soumis dans cet état à une forte pression prennent toutes les formes que l'on veut. Suivant lui, quand les gigantesques masses des glaciers se disloquent dans leurs mouvements, la soudure des surfaces contiguës vient rendre la continuité à l'ensemble. C'est aussi au regel qu'est due la solidité de ces ponts de neige sur lesquels on franchit quelquefois des crevasses de trente mètres et plus de profondeur dans les régions supérieures des glaciers.

Les relations des voyageurs sont remplies de descriptions du magnifique spectacle des vastes étendues glacées qu'ils contemplent dans leurs ascensions et dont quelques-unes ont reçu le nom de *mers de glace*. Celle de Grindelwald, qui a près d'un kilomètre de largeur, descend dans une vallée bordée des deux côtés par des montagnes élevées couvertes en partie de forêts de sapins. La surface est parsemée d'innombrables monticules en pyramides de glace et ressemble effectivement à une mer agitée par les vents dont les flots auraient été subitement saisis par la gelée. Quand le soleil darde ses rayons sur cet immense assemblage de cristaux bleuâtres le coup d'œil est d'une merveilleuse beauté.

On peut évaluer la superficie des glaciers des Alpes, à environ 1,400 milles carrés, et leur épaisseur varie entre 30 et 350 mètres. Les torrents qui proviennent de leur fusion donnent naissance à nos fleuves, qu'ils alimentent surtout à l'époque de l'année où la plus grande sécheresse règne dans les plaines. L'élévation à laquelle ces puissants réservoirs sont placés est, comme nous l'avons vu, très-variable ; elle paraît en corrélation avec les conditions hypsothermales de l'atmosphère et nous fait apercevoir une des lois qui ont présidé à la distribution géographique des montagnes. La hauteur des Alpes est suffisante sous le climat de l'Europe pour alimenter ses fleuves ; il en fallait une beaucoup plus grande pour l'Himalaya dans la partie méridionale de l'Asie. Au contraire, en avançant vers les régions froides on trouve généralement des montagnes de moins en moins élevées.

Les récentes recherches des savants explorateurs de nos montagnes ont permis de reconstruire une période météorologique ancienne très-différente de la nôtre par le grand développement des glaciers. Les chemins qu'ils ont parcourus en descendant des montagnes sont écrits en caractères ineffaçables sur les pentes qu'ils ont cannelées en mille endroits différents. Comme s'il sentait sa perte certaine, le glacier essaye en vain de s'arrêter en enfonçant les rocs qu'il transporte dans la pierre; mais, entraîné par son poids, il descend toujours, en traçant un large sillon que les siècles n'effaceront pas. L'étendue des glaciers primitifs se constate encore par les grands blocs détachés des sommets qui, après s'être déplacés par suite du mouvement général, sont restés, sous le nom de moraines ou de roches erratiques, à des distances très-considérables de leur lieu d'origine. Telles sont les masses de granit qu'on trouve isolées sur le versant est du Jura, et qui ne peuvent provenir que des montagnes de la Suisse, le Jura étant composé de pierres calcaires. Elles montrent, avec les stries laissées au fond des vallées, que les anciens glaciers du mont Blanc s'étendaient depuis Chamounix jusqu'au delà de Genève. Un grand nombre d'autres exemples pourraient être cités dans les Vosges, les Pyrénées, les montagnes d'Angleterre. Les cèdres du Liban croissent sur des moraines. Quelque grandioses qu'apparaissent nos glaciers actuels à ceux qui les explorent, ils ne sont que de vrais pygmées en comparaison de leurs ancêtres. Le savant professeur Agassiz, qui a tant fait avancer la théorie des glaciers par ses hardies expériences en Suisse, démontre dans un récent ouvrage que l'Amérique du Nord, jusqu'au 40e degré de latitude, a été presque toute entière une mer de glace.

L'ancienne extension des glaciers suppose dans les parties de notre hémisphère qu'ils ont envahies un climat semblable à celui qui règne aujourd'hui dans les hautes régions de l'atmosphère. On y éprouvait le froid dont, en hiver, la vallée de Chamounix ou la Péninsule scandinave peuvent donner une idée, D'après les géologues, cette période qu'on nomme *période glaciaire,* s'intercale entre notre époque et une période dans laquelle une température plus élevée que celle des pays tropicaux régnait dans le nord de l'Europe. En France, en Angleterre et jusque dans la Sibérie, des troncs de palmiers, des ossements fossiles d'éléphants, d'hippopotames et d'autres genres dont les espèces actuelles habitent exclu-

sivement les pays chauds, se retrouvent dans les anciennes couches de terrains.

Pour expliquer de si grandes révolutions de climats, les savants ont émis diverses hypothèses. Les uns pensent que l'abaissement de la température, à l'époque de l'extrême extension des glaciers, était dû à une diminution passagère de la radiation solaire ; d'autres imaginent que dans son mouvement à travers l'espace le système solaire rencontre des régions de températures différentes. M. Ch. Martins a recours à une distribution différente des continents et des eaux. « Il suffit, dit-il, pour amener l'extension des glaciers que les étés soient moins chauds qu'à l'ordinaire. En Suisse on a vu le glacier du Rhône avancer de plusieurs centaines de mètres pendant les étés froids et pluvieux de 1815 et 1816. Le vent qui fait fondre la neige au printemps dans les montagnes de la Suisse, c'est le vent du sud-est, connu sous le nom de *grec* en Provence et en Languedoc, de *fœhn* dans la Suisse allemande. Ce vent prend naissance dans le Sahara africain ; or, ce Sahara est un fond de mer émergé, puisque son niveau est dans beaucoup de points inférieur à la Méditerranée et qu'il est couvert de lacs et de marais d'eau saumâtre. Supposons que le Sahara soit encore immergé, le sud-est, vent chaud et humide, ne soufflerait plus, la ligne de neiges éternelles serait plus basse et les glaciers s'étendraient plus loin. »

C'est à une plus abondante précipitation, et par conséquent à un plus grand échauffement des mers qui produisent les vapeurs atmosphériques, que M. Falkland et M. Tyndall rapportent la formation des puissants glaciers d'autrefois. L'action de la chaleur y est aussi essentielle que celle du froid. « La chose la plus indispensable, dit le dernier de ces savants, est un condenseur perfectionné ; nous n'avons pas un iota à perdre de l'action solaire ; si nous avons besoin de quelque chose c'est de plus de vapeur et surtout d'un condenseur assez puissant pour que cette vapeur, au lieu de retomber en averse liquide sur la terre, soit assez abaissée dans sa température pour descendre en neige. » Ces vues nous paraissent justes, mais il resterait à trouver la cause de l'élévation plus grande de la température de la mer, la cause surtout du froid plus vif qui régnait sur les montagnes.

Dans les notes de son beau livre *Terre et Ciel*, Jean Reynaud traite cette importante question de la variation séculaire des climats

en la faisant dépendre uniquement des conditions astronomiques du globe. Considérant deux systèmes de saisons, celui qui dépend de l'inclinaison de l'axe sur l'orbite terrestre et celui qui dépend de l'excentricité de cette orbite, il montre comment, dans leurs marches différentes, les effets thermiques de ces saisons s'ajoutent ou se retranchent et comment il résulte de là de longues périodes dans lesquelles, tantôt dans un hémisphère, tantôt dans l'autre, le froid de l'hiver et la chaleur de l'été atteignent un maximum. Pour le nord, nous aurions eu 11,700 ans avant notre ère, coïncidence du solstice d'hiver avec l'aphélie et du solstice d'été avec le périhélie, par suite la saison froide et la saison chaude auraient présenté alors leur caractère le plus prononcé. D'un autre côté, en 1122 de notre ère, la différence entre ces saisons arrivait à son minimum et le maximum se présenterait de nouveau en 14,004. Nous ne pouvons nous arrêter ici sur les témoignages historiques qui corroborent ces calculs. Les observations scientifiques sur les glaciers, la plupart fort récentes, montrent très-bien leur progression. Le glacier de l'Aar, d'après M. Agassiz, s'est étendu d'un quart de lieue en un demi-siècle. Des observations remontant jusqu'en 1,122 prouveraient que l'accroissement date de cette époque, après la longue phase de diminution. Mais une vérification plus complète est indiquée par Jean Reynaud. « En dehors des glaciers des montagnes, dit-il, nous avons dans notre hémisphère un glacier d'une condition géographique assez considérable pour que ses changements ne puissent passer inaperçus : c'est le glacier polaire, dont tous les autres peuvent être considérés comme de simple lambeaux ; et si l'on veut des informations décisives, c'est sur celui-là qu'il faut interroger l'histoire. Or, il suffit d'ouvrir les annales des peuples du Nord pour reconnaître que ce glacier a justement suivi une marche conforme à la loi dont nous cherchons en ce moment à distinguer les effets. Vers le dixième ou onzième siècle les navigateurs scandinaves trouvent la mer libre sur la côte orientale du Groënland ; ils s'y établissent, y fondent des colonies qui prospèrent et qui demeurent en relation suivie avec l'Europe ; puis, vers le quatorzième siècle, la mer se ferme, les prolongements du glacier polaire s'étendent le long de cette côte jusqu'à son extrémité méridionale, les communications s'interrompent, le pays est dépeuplé et la nature polaire reprend possession d'un terrain qu'elle n'avait abandonné que pour quel-

ques siècles, précisément dans les environs du douzième. » Le glacier boréal étant en voie de progression, une diminution doit, au contraire, se manifester dans le glacier austral, et elle paraît résulter en effet des observations faites par les navigateurs depuis les dernières années du dix-huitième siècle.

Ainsi, en dehors de la météorologie proprement dite, nous voyons les grands problèmes de la physique du globe étroitement liés à l'exploration de plus en plus complète des hautes régions de l'atmosphère. Il suffit de signaler l'importance du secours qu'elle peut apporter à l'invention si ardemment poursuivie de la navigation aérienne, par la connaissance de la direction et de la force des vents supérieurs.

Les expéditions nouvelles vers ces régions sont aujourd'hui un des principaux *desiderata* de la science. Depuis quelque temps l'Angleterre s'en était surtout occupée ; la France va de son côté reprendre un ordre de recherches dans lequel elle a de beaux antécédents. Une commission de l'Association météorologique, fondée par M. le directeur de l'Observatoire impérial, s'est occupée du programme des observations et des expériences à faire dans une série d'ascensions aérostatiques. Les météorologistes de l'expédition scientifique du Mexique, qui vont séjourner sur les hauts plateaux de ce pays, y feront sans doute une riche moisson de faits intéressants. Pendant le mois d'août, un groupe d'explorateurs, à la tête duquel se trouvait M. Dollfus-Ausset, l'un des savants français qui ont le plus contribué à la solution des questions relatives aux glaciers, a fait une campagne météorologique sur le mont Rosa, dont nous attendons des résultats importants.

Nous n'avons encore aucune donnée précise sur la partie des hautes régions atmosphériques qui se trouve au-dessus de la surface des mers et dans laquelle les phénomènes dégagés des influences variées des continents doivent présenter une plus grande régularité. Mais dans une telle exploration l'aéronaute a trop de dangers à courir tant que le moyen de diriger les ballons ne sera pas découvert.

[1] Voyez dans la *Presse scientifique des Deux Mondes*, un récit émouvant de cette ascension par notre collaborateur et ami, M. W. de Fonvielle.

F. Zurcher.

III

LES PROFONDEURS DE L'OCÉAN[1]

« Il y a dans les profondeurs de la mer des merveilles ignorées. Un marin placé au milieu de l'Océan éprouve, en contemplant sa surface, des sentiments analogues à ceux de l'astronome lorsqu'il observe les astres et interroge les profondeurs du ciel. » MAURY.

Le globe terrestre offre à l'homme irrévocablement attaché à sa surface un vaste champ d'études encore très-incomplétement exploré. Si des voyageurs dévoués n'hésitent pas à jouer leur vie pour pénétrer dans les solitudes de l'Australie, pour braver les populations hostiles de l'Afrique ; si les aéronautes, pour étudier les hautes régions de l'atmosphère, se sont élevés sans crainte dans les airs ; si la surface de la terre, si l'océan gazeux qui l'entoure commencent à nous être connus, nous ignorons tout du monde souterrain qui s'agite parfois sous nos pieds avec une irrésistible impétuosité, comme pour réveiller par la crainte qu'il nous inspire l'intérêt que son étude devrait exciter.

Les profondeurs de la terre nous sont inconnues, nous n'avons encore qu'égratigné la surface en poussant nos travaux de sondage à quelques centaines de mètres, et il est probable que tant que les mines pénétrant à une profondeur médiocre suffiront à alimenter notre industrie, on n'ira guère plus avant ; leur épuisement ou encore la nécessité de fournir à une riche capitale des eaux souterraines pourraient seuls décider des sondages descendant jusqu'à un kilomètre de la surface.

Les abîmes de l'océan seraient restés aussi inexplorés, si une grande entreprise n'avait tout intérêt à les étudier minutieusement.

[1] Le lecteur consultera avec fruit sur ce sujet *les Phénomènes de la Mer*, de notre excellent collaborateur M. Margollé; *les Tempêtes*, par MM. Margollé et Zurcher, et un livre de M. A. Mangin, édité avec luxe par M. Mame et rempli de gravures intéressantes. — *Les Mystères de l'Océan* sont en même temps un beau livre et un bon livre ; on y rencontre, présentés sous une forme attrayante et facile, les accents d'une âme qui s'émeut au grand spectacle de la nature. — P. P. D.

La télégraphie transatlantique doit forcément connaître les fonds sur lesquels elle dépose ses fils conducteurs... ; les sondages se multiplient, indiquant le relief des terres sous-marines, ramenant à la surface des échantillons de la faune et de la flore qui animent ces régions silencieuses ; elle permet de suivre le travail de ces innombrables et microscopiques ouvriers qui bâtissent lentement les continents de l'avenir... ; des faits nouveaux s'accumulent, nous voulons les faire connaître au lecteur.

I

Résultats des sondages effectués dans diverses mers. — Lignes de sonde. — Les constructeurs de monde. — Coraux. — Polypiers. — Télégraphes électriques. — Lignes transatlantiques.

Pendant longtemps les grandes sondes opérées dans la mer profonde, dans les *eaux bleues* (*blue waters*), n'ont donné que des résultats douteux, à cause de l'imperfection des appareils employés. C'est à l'initiative de Maury, à ses persévérants efforts, qu'on doit surtout l'invention d'appareils nouveaux, et, par suite, les récentes découvertes dont nous donnerons d'abord le résumé.

L'orographie de l'océan, malgré les ingénieux essais tentés par les officiers de marine les plus instruits et les plus expérimentés, n'offrait encore à la science que des probabilités ou des hypothèses, lorsque le Congrès des États-Unis autorisa le ministre de la marine à concourir aux divers travaux en voie d'exécution à l'Observatoire national de Washington, dirigé par le commandant Maury. Trois navires de l'État furent consacrés à cette mission spéciale. En outre il fut enjoint à tous les navires de guerre de prendre part à leurs travaux, et principalement aux grandes sondes, autant que le leur permettraient les exigences du service.

Les instructions données aux capitaines recommandaient de se servir pour ces sondes d'un boulet de canon, attaché à une ligne ordinaire dont la dimension variait suivant qu'on désirait obtenir simplement la profondeur ou rapporter un échantillon du fond. Autant que possible, on devait essayer d'avoir une grande sonde pour chaque espace de cinq degrés carrés, marqué sur la carte. Il était interdit de sonder du navire, dont il est impos-

sible d'empêcher la dérive pendant l'opération ; tandis qu'un canot, au moyen de ses avirons, peut se maintenir dans une position telle que la ligne de sonde soit toujours verticale. La température de la mer à diverses profondeurs était déterminée par un thermométrographe.

Ce système de sondage, poursuivi avec intelligence, donna promptement de remarquables résultats. On les dut principalement à l'emploi d'un excellent appareil qu'inventa un jeune officier employé à l'Observatoire de Washington. M. Brooke proposa d'adapter au boulet un système de *déclic*, par le moyen duquel le boulet se dégage instantanément en atteignant le sol. On pouvait faire ainsi remonter plus facilement des grandes profondeurs la légère tige en fer dont l'extrémité évidée recueillait les échantillons du fond. Ces échantillons, soigneusement étiquetés, étaient envoyés au bureau hydrographique, qui coordonnait les sondes pour déterminer avec moins d'incertitude la forme générale du grand bassin de l'Océan.

Avec l'appareil de Brooke, on obtint à bord du *Dolphin* des échantillons qui indiquaient la nature du lit de la mer dans l'Atlantique du Nord, à des profondeurs de 3,600 mètres. Ces premiers échantillons furent envoyés au professeur Bailey. Ils avaient été recueillis à plus de deux milles de profondeur, et l'appareil de Brooke les avait ramenés si nets que M. Bailey put les placer sous le microscope tels qu'ils lui étaient parvenus. « J'ai reconnu, dit-il, avec une vive satisfaction qu'ils se composaient exclusivement de coquilles microscopiques, sans qu'il s'y trouvât un grain de sable ou de gravier, et que ces coquilles, dans un état parfait de conservation, étaient presque toutes calcaires (*foraminifères*), sauf un petit nombre de coquilles siliceuses (*diatomacées*). »

La croisière du *Dolphin* a été publiée par ordre du Congrès. Les hommes employés au service des sondes étaient devenus si experts qu'ils pouvaient reconnaître, au tact de la ligne, si elle était entraînée par le poids du boulet ou par la force des courants. La vitesse transmise à la ligne par la force des courants doit être uniforme, tandis que la vitesse résultant de la descente du boulet doit être décroissante. Des tables qui seront d'une grande utilité pour guider les marins dans la pratique des grandes sondes ont été construites par les officiers chargés de ce service ; elles indiquent la loi suivant laquelle descendent dans l'eau les divers poids

employés pour sonder, soit du bord, soit en canot. Elles permettent d'établir cette règle très-importante que lorsque la ligne descend entraînée par le plomb de sonde la vitesse est décroissante, tandis que cette vitesse est constante si le plomb est entraîné par un courant sous-marin et si la ligne file sans avoir rencontré le fond.

Les sondes faites plus tard dans l'océan Indien, et dans la mer de Corail, rapportèrent d'une profondeur de 3,932 mètres des échantillons d'une nature plutôt siliceuse que calcaire, et un très-petit nombre de foraminifères. M. Bailey concluait de cette nouvelle observation que l'abondance des coquilles calcaires de l'Atlantique du Nord était probablement due à une cause particulière, thermale ou géologique. Il était d'ailleurs infiniment probable que la plus grande partie des myriades d'animalcules dont on retrouvait les coquilles vivaient près de la surface des eaux, et que leurs dépouilles seules, transportées par les courants, s'accumulaient au fond de l'océan, continuant à y épaissir les couches successives dont nous retrouvons les traces dans les formations géologiques que les révolutions du globe ont mises à découvert. Ces formations ont exercé une grande influence sur les conditions géologiques de l'écorce terrestre. Pour ne citer qu'un fait, toute la formation du Jura consisterait, d'après Léopold de Buch, « en énormes bancs de coraux antédiluviens, qui entourent, à une certaine distance, les anciennes chaînes de montagnes. »

Les récifs de coraux, construits par les zoophytes calcaires, se trouvent principalement dans les tièdes eaux des mers tropicales. Leur accumulation en certains points tient presque toujours aux circonstances favorables produites par les courants. Ainsi la formation du grand récif madréporique de la Floride paraît due à l'influence du Gulf stream. La Floride tout entière est d'ailleurs un travail d'infusoires soulevé dans les révolutions géologiques, et, après des milliers de siècles, ce travail se continue au sein de la mer. Les Apennins, les Cordillères sont en partie l'œuvre de ces imperceptibles constructeurs, qui ont aussi formé les calcaires sur lesquels Paris est bâti. Linné pressentait cette origine, lorsqu'il disait : *Omnis calx ex vermibus.*

De telles découvertes disent assez quelles sont les forces que la nature met incessamment en jeu au sein de l'océan pour continuer son œuvre de création. Elles confirment aussi l'opinion des

géologues qui donnent une grande importance à cette lente transformation, et qui la regardent comme la principale cause des changements qui se produisent à la surface du globe. On comprend, en effet, que les masses solides soulevées par de violentes révolutions peuvent n'être que l'accumulation du constant et prodigieux travail des différents agents qui préparent, sous nos yeux, les périodes futures, et qu'une observation trop superficielle nous avait fait jusqu'ici négliger. Et cependant en sondant les abîmes de la mer, comme en mesurant les cieux, en déterminant la nature des polypiers, comme en reconnaissant dans les nébuleuses les agrégations de la matière cosmique, nous retrouvons le merveilleux spectacle de la vie perpétuellement agissante et créatrice, sous la bienfaisante domination des lois qui en assurent le développement et le radieux progrès.

La plus belle de ces lois, et sans doute la plus universelle, est celle qui fait dépendre ce progrès de la commune tendance des êtres vers la lumière. Des obscures profondeurs de la mer les zoophytes, les madrépores, les méandrines, les astrées élèvent vers le jour les solides constructions qui pourront supporter le choc des plus fortes vagues. La même tendance les fait avancer vers les régions du soleil, vers l'équateur, où l'infinie variété de la vie sous-marine trace au sein de l'océan comme une voie lactée resplendissante des plus brillantes couleurs et offrant le gracieux mélange des formes les plus élégantes et les plus singulières. Les premiers observateurs ont décrit comme des fleurs les polypes des Corallines, les Actinies, et ces *jardins de l'Océan* surpassent encore en éclat et en exubérante fécondité la magnifique végétation des forêts tropicales.

L'éminent naturaliste Charles Darwin, qui a recueilli lui-même sur toutes les mers les faits innombrables dont il a su tirer de si grandes conséquences [1], et à qui l'on doit d'excellents travaux sur les îles de corail et leur formation successive, a donné la profondeur de vingt ou trente brasses comme celle où peuvent vivre généralement les animalcules des coraux. Mais des sondes récentes montrent que cette profondeur est très-variable, et Humboldt a fait très-justement observer que la vie d'innombrables infusoires à

[1] Voy. dans l'*Annuaire scientifique* de 1864 la remarquable étude de M. Ed. Vignes sur l'*Origine des espèces*.

de grandes profondeurs y assurait la nourriture des polypiers. Il rappelle à ce sujet (*Tableaux de la Nature*) que, suivant Ehrenberg, dans l'extrême nord, des baleiniers ont retiré l'*umbellaria groenlandica*, tout vivant, d'une profondeur de deux cent trente-six brasses. On comprend que cette distribution des espèces animales à diverses profondeurs tient surtout à des conditions de température, et que la vie, qui s'épanouit dans une si riche variété à la surface des mers équatoriales, sous les rayons d'une ardente lumière, s'abrite au contraire sous les eaux, au milieu des froides ténèbres du pôle.

La connaissance plus exacte de la profondeur à laquelle s'étendent les bancs de coraux, jointe à l'ensemble plus complet de leur distribution géographique, pourra montrer, ainsi que l'a indiqué Charles Darwin, la connexion qui existe entre ces singulières formations et la configuration primitive des continents, qu'on ne pourra nettement déterminer qu'après avoir obtenu des notions plus exactes sur la nature des contrées sous-marines.

Les grandes sondes fourniront à la science un très-grand nombre de faits instructifs, qui aideront à résoudre les questions jusqu'ici réservées par suite de l'insuffisance des observations recueillies sur toutes les mers. Aujourd'hui, grâce à l'impulsion donnée par la conférence maritime tenue à Bruxelles en 1853, ces observations, non-seulement se multiplient sans cesse, mais encore acquièrent de plus en plus, sous l'influence des savantes instructions rédigées par les membres de la conférence, un caractère de certitude et une régularité qui en doublent la valeur.

C'est ainsi que, si on jette les yeux sur une carte où sont marqués les résultats des sondes, on reconnaît immédiatement que la Méditerranée présente quatre bas-fonds de grandeurs très-diverses, l'un est placé dans ce qu'on pourrait appeler le bassin occidental, il s'étend entre la côte de France au nord, la Corse et la Sardaigne à l'est, l'Afrique au sud, et se prolonge à l'ouest le long de la côte d'Espagne jusqu'à une faible distance du détroit de Gibraltar ; sa profondeur dépasse 4,000 mètres. La mer italienne, entre l'Italie, la Sardaigne et la Sicile, présente à son centre un autre bas fond triangulaire ; l'Adriatique, en général peu profonde et qui, dans le haut du golfe, n'atteint pas 100 mètres, présente un bas-fond avant de se réunir à la Méditerranée ; enfin on trouve encore au sud de la Morée, entre Candie et la côte d'Afrique, une dépression qui

dépasse 2,000 mètres. Il est facile de reconnaître d'après cela que, s'il est avantageux à un fil télégraphique de n'être pas enfoui à une trop grande profondeur, il faudra se garder d'aller directement de France en Algérie, mais qu'il faudra, au contraire, suivre soit la côte d'Espagne, soit passer le long de la Corse et de la Sardaigne pour atterrir aux environs de Tunis. Un fil qui relierait la France à Alexandrie devrait suivre le même chemin et continuer sa route le long de la côte africaine où règne constamment une profondeur peu considérable.

Jusqu'ici la partie septentrionale du bassin de l'Atlantique a seule été sondée d'une manière suivie. Du cap Raze sur l'île de Terre-Neuve au cap Clear, en Irlande, on a découvert un soulèvement de la croûte terrestre qui, suivant la juste observation de Maury, paraît se poursuivre à travers les divers continents et accomplir presque régulièrement le tour du globe. Ce soulèvement, sur lequel a été posé le câble transatlantique en 1859, a reçu le nom de *plateau télégraphique*.

La profondeur s'accroît rapidement quand on quitte la côte d'Irlande, et on trouve entre cette île et Terre-Neuve des fonds par 3,400, 3,600 mètres ; vers le 50° de longitude ouest, la côte se rélève avant d'atterrir à Terre-Neuve. — En s'appuyant sur les Açores qui forment une station intermédiaire entre l'Espagne et l'Amérique, on rencontrerait un bas-fond dont la profondeur atteint souvent 5,000 mètres; le fond se relève jusqu'à 1,200 et 1,500 mètres aux environs de ces îles : mais en remontant au nord, on trouve encore des fonds de 4,800 à 4,900 mètres avant de gagner le plateau sous-marin qui entoure Terre-Neuve.

La communication entre les deux continents ne dura malheureusement que quelques jours. Mais cette magnifique entreprise n'en conserve pas moins toute sa grandeur ; elle a été, comme le disait si justement le président des États-Unis, James Buchanan, dans sa dépêche à la reine d'Angleterre, « un triomphe plus glorieux et plus utile au genre humain que ceux qui ont jamais été obtenus par les conquérants sur les champs de bataille. »

On avait, en effet, constaté que l'immersion des câbles pouvait s'opérer par de grandes profondeurs, et que les signaux pouvaient être échangés sans station intermédiaire à des distances considérables. Les directeurs des nouvelles compagnies, instruits par l'expérience, profiteront des résultats acquis en évitant les causes d'in-

succès qui ne pouvaient manquer de mettre obstacle à la complète réussite d'une première entreprise. Ajoutons ici que si la pose d'un câble transatlantique est due principalement aux études du professeur Morse et à l'initiative des États-Unis, c'est à la France que revient l'honneur d'avoir patronné, en 1851, le premier câble sous-marin, celui de Douvres à Calais.

Les compagnies qui se sont formées pour tenter un nouvel essai de télégraphie transatlantique se proposent de ne plus suivre aussi directement le plateau indiqué par les sondes. Ainsi la ligne pour laquelle le gouvernement danois a obtenu une concession irait du Danemark en Écosse, et toucherait à l'Islande, au Groënland, au Labrador, au Canada et aux États-Unis. Le Corps législatif a voté la concession d'une autre ligne qui doit unir la France à l'Amérique en passant par le cap Finistère, l'une des Açores et Terre-Neuve.

Une ligne nouvelle, embrassant tout le bassin de l'Atlantique, a été récemment adoptée par un congrès international composé des ministres plénipotentiaires des diverses puissances, qui s'est réuni à Paris sous la présidence de M. Drouyn de Lhuys. Cette ligne, dont la conception appartient à un éminent ingénieur, M. Balestrini, part du cap Saint-Vincent, touche aux côtes occidentales d'Afrique, de Madère, atterrit aux colonies françaises du Sénégal, s'appuie sur les îles du Cap-Vert, et atteint, à l'aide de stations intermédiaires, la côte septentrionale du Brésil. Tant qu'il reste près des côtes, le fil ne rencontre que de faibles profondeurs, mais lorsqu'il s'élance des îles africaines pour aller rejoindre l'Amérique, il lui faut franchir un long fossé dont le fond ne se rencontre qu'à 4,000, 4,900, 5,800 et même 6,000 mètres; le fond ne se relève que tout à fait dans le voisinage de la côte américaine. Là, le fil électrique se bifurque pour aller d'un côté jusqu'à Rio-Janeiro, de l'autre jusqu'aux Guyannes, et par les Antilles et les colonies espagnoles jusqu'au réseau de l'Amérique du Nord, à l'aide duquel il s'étendra jusqu'aux rives de l'océan Pacifique.

On comprend toute l'influence qu'aurait une telle ligne sur les progrès du commerce général et de la civilisation. Elle n'exclurait d'ailleurs nullement, selon nous, la communication télégraphique par l'Atlantique septentrional, qui la compléterait; de même qu'elle devrait aussi se joindre à la ligne qui par la Méditerranée, la mer Rouge, l'océan Indien, aboutit à la Chine, au Japon, et de

là, traversant le Pacifique, arrive par les îles Aléoutiennes jusqu'à la côte occidentale d'Amérique. C'est ainsi que doit un jour s'étendre le grand circuit électrique, nous allions dire le système nerveux, qui unira par une communication directe de la pensée l'ancien et le nouveau monde, les civilisations anciennes et les sociétés modernes, l'impatient et libre génie, l'ardente fécondité de l'Europe et de la jeune Amérique, au génie plus calme, à l'attente moins inquiète, aux croyances moins impérieuses des races orientales.

Si les heureuses tendances des sociétés les plus éclairées préparent visiblement cette grande alliance, il est non moins évident que les rapides progrès de la science et de l'industrie nous en rapprochent incessamment. Ainsi chaque bâtiment qui par de nouvelles sondes nous découvre la configuration des régions sous-marines, non-seulement donne une base plus large à l'orographie de l'océan, mais encore, presque toujours, trace la voie aux lignes télégraphiques dont le réseau doit successivement s'étendre sur le globe entier.

On n'a encore opéré qu'un petit nombre de grandes sondes dans l'Atlantique méridional, où les profondeurs paraissent augmenter. Cependant ces profondeurs sont notablement inférieures à ce qu'on avait supposé. C'est probablement entre les Bermudes et les bancs de Terre-Neuve que se trouvent les plus grands fonds de l'Atlantique. Du haut du Chimborazo à la profondeur de 7,645 mètres atteinte par la sonde, la distance verticale est de neuf milles. Les cartes orographiques sont accompagnées de profils qui représentent le fond coupé par une série de plans verticaux. On a pu esquisser le profil indiquant la configuration du sol sous-marin suivant une ligne qui part du Mexique, traverse le Yucatan, Cuba, Saint-Domingue et les îles du Vent, pour aboutir aux îles du Cap-Vert et à la côte d'Afrique. Cette esquisse, qui présente de très-grandes inégalités, montre assez la nécessité de nouveaux sondages avant la pose des câbles télégraphiques, car la question de la profondeur est capitale par la considération suivante : « Le câble, sauf le fer qui l'entoure, a à peu près la densité de l'eau, et, par conséquent, sauf le fer, n'a pour ainsi dire, aucun poids dans l'eau; il n'y a donc à se préoccuper que du fer. Or, un très-bon fer, dans des conditions de câble, porte 60 kilogrammes par millimètre carré, et pèse dans l'eau 6 grammes par mètre ou 72 kilogram-

mes pour 12,000 mètres, c'est-à-dire qu'un fil de fer, pesant verticalement et sans secousse, casserait par 12,000 mètres de profondeur [1]. »

L'excellent résumé auquel nous empruntons cette citation touche aux diverses questions qui se rattachent à l'établissement des lignes télégraphiques sous-marines. L'auteur s'est principalement occupé des lignes qui passent par de grandes profondeurs et s'étendent sur de longues distances. La construction du câble, ses dimensions, les difficultés électriques et mécaniques que l'expérience a fait connaître, les divers systèmes d'émission employés ou proposés, les procédés de sondage, sont l'objet d'instructives études que nous ne pouvons ici qu'indiquer.

On doit à M. Airy, astronome royal d'Angleterre, un savant mémoire sur les conditions mécaniques de l'immersion d'un câble sous-marin [2]. Les considérations préliminaires de ce travail démontrent que le problème est loin d'être simple, surtout lorsqu'on se place au point de vue de la tension éprouvée par les différentes parties du câble, et que l'on veut tenir compte de la résistance que le frottement de l'eau oppose à son mouvement, soit longitudinal, soit latéral.

Nous aurions encore à mentionner les formules de M. Airy pour obtenir la profondeur de l'océan, étant connues la hauteur et la vitesse des vagues; ainsi qu'un très-remarquable mémoire de M. Ph. Breton, ingénieur des ponts et chaussées, sur le nivellement du fond de la mer au moyen de la propagation des ondes superficielles. Mais l'analyse de ces théories nous entraînerait trop loin. Il nous suffisait de montrer toute l'importance des recherches qui ont pour but de nous faire mieux connaître le bassin des mers, le sol couvert par les eaux bleues.

II

La flore de l'océan.

« Si nous plongeons nos regards dans le liquide cristal de l'océan Indien, nous y voyons réalisées les plus merveilleuses appari-

[1] *Éléments de télégraphie sous-marine*, par M. A. Delamarche, ingénieur hydrographe de la marine.

[2] *Annales télégraphiques*. — Septembre-octobre 1860.

tions des contes féeriques de notre enfance; des buissons fantastiques portent des fleurs vivantes; des massifs de méandrines et d'astrées contrastent avec les *explanaria* touffus qui s'épanouissent en forme de coupes, avec les madrépores à la structure élégante, aux ramifications variées. Partout brillent les plus vives couleurs; les verts glauques alternent avec le brun et le jaune; de riches teintes pourprées passent du rouge vif au bleu le plus foncé. Des nullipores roses, jaunes ou nuancées comme la pêche, couvrent les plantes flétries et sont elles-mêmes enveloppées du tissu noir des rétipores, qui ressemblent aux plus délicates découpures d'ivoire. A côté se balancent les éventails jaunes et lilas des gorgones, travaillés comme des bijoux de filigrane. Le sable du sol est jonché de milliers de hérissons et d'étoiles de mer aux formes bizarres, aux couleurs variées. Les flustres, les escarres s'attachent aux branches de corail comme des mousses et des lichens, et les patelles striées de jaune et de pourpre s'y fixent comme de grandes cochenilles. Semblables à des fleurs de cactus, brillantes des plus ardentes couleurs, les anémones marines ornent les anfractuosités des rochers de leurs couronnes de tentacules, ou s'étendent au fond comme un parterre de renoncules variées. Autour des buissons de corail jouent les colibris de l'océan, petits poissons étincelants, tantôt d'un éclat métallique rouge ou bleu, tantôt d'un vert doré ou d'un éblouissant reflet d'argent.

« Légères comme les esprits de l'abîme, flottent, à travers ce monde enchanté, les clochettes blanches ou bleuâtres des méduses. Ici se poursuivent l'Isabelle violette et vert d'or et la Coquette, jaune de feu, noire et striée de vermillon; là serpentent, à travers les massifs, les Bandes marines comme de longs rubans d'argent aux reflets roses et azurés, la Nemerte, la Sépia, resplendissante des couleurs de l'arc-en-ciel, qui tour à tour s'entre-croisent, brillent ou s'effacent.

« Et toute cette vie merveilleuse nous apparaît au milieu des plus rapides alternatives de lumière et d'ombre, qu'amènent chaque souffle, chaque ondulation qui rident la surface de l'océan. Lorsque le jour décline et que les ombres de la nuit descendent dans les profondeurs, ce jardin radieux s'illumine de splendeurs nouvelles. Des méduses et des crustacés microscopiques, semblables à des lucioles, font étinceler les ténèbres. La pennatule, qui, le jour, est d'un rouge de cinabre, flotte dans une lumière phos-

phorescente. Chaque coin rayonne ; tout ce qui, brun et terne, disparaissait peut-être, pendant le jour, au milieu du rayonnement universel des couleurs, brille maintenant de la plus charmante lumière, verte, jaune et rouge, et, pour compléter les merveilles de cette nuit enchantée, le large disque d'argent de la Lune de mer [1] s'avance doucement à travers le tourbillon des petites étoiles.

« La végétation la plus luxuriante des contrées tropicales ne peut développer une plus grande richesse de formes, et elle reste bien en arrière des jardins magnifiques de l'océan, composés presque entièrement d'animaux pour la variété et l'éclat des couleurs. Cette faune marine n'est pas moins remarquable par son développement extraordinaire que l'abondante végétation du lit de la mer dans les zones tempérées. Tout ce qui est beau, merveilleux ou extraordinaire dans les grandes classes des poissons et des échinodermes, des méduses, des polypes et des mollusques à coquilles, pullule dans les eaux tièdes et limpides de l'océan tropical, y repose sous les sables blancs ou y couvre les rochers abruptes, et, lorsque la place est déjà prise, se fixe en parasite ou nage à la surface et dans les profondeurs au milieu d'une végétation relativement rare. Il est d'ailleurs remarquable que la loi d'après laquelle le règne animal, qui se plie plus facilement aux circonstances extérieures, a un développement plus étendu que le règne végétal, s'applique à l'océan aussi bien qu'à la terre. Ainsi les mers polaires abondent en baleines, phoques, poissons, en oiseaux aquatiques, et sont peuplées d'une multitude d'animaux inférieurs, lorsque depuis longtemps toute trace de végétation a disparu au milieu des glaces. Cette même loi s'observe également si on considère la direction verticale de l'océan ; car, à mesure qu'on descend dans ses profondeurs, la vie végétale disparaît beaucoup plus rapidement que la vie animale, et, même dans les abîmes où ne pénètre plus aucun rayon de lumière, la sonde découvre encore des infusoires vivants [2] »

M. Ehrenberg admet que les êtres qui habitent les profondeurs de l'océan ne sont pas dans une complète obscurité. La sonde a retiré de ces profondeurs des microzoaires analogues aux animal-

[1] *Orthagoriscus Mola*, nommé vulgairement *poisson lune*, à cause de la forme de son corps, qui est d'une belle couleur argentée.

[2] Schleiden, *la Plante*, traduit par M. F. Zurcher.

cules phosphorescents de la surface, et on peut conjecturer qu'une étrange lueur organique éclaire les régions inconnues où ne pénètre aucun rayon du jour. Les savantes recherches du docteur A. Muhry[1] ont montré que le fond de la mer doit être couvert d'une couche dont la température reste invariablement à 2°, 5, et qui se maintient à très-peu près dans un complet repos, ainsi que l'indique d'ailleurs la parfaite conservation des frêles coquilles recueillies par la sonde. Des conjectures erronées sur la température des grandes profondeurs nous les faisaient imaginer comme des déserts glacés ou brûlants, enveloppés de ténebres, tandis que nous retrouvons, au contraire, la vie et la lumière dans ces couches immobiles d'égale température, au milieu desquelles sont abrités les câbles électriques qui reposent sur le lit de vase transparente, d'*oaze*, composé presque entièrement de coquilles microscopiques, siliceuses ou calcaires. Cette différence tient aux régions de l'océan habitées par les diverses espèces d'animalcules. Ainsi, dans la mer de corail, les madrépores et les coquillages enlèvent à l'eau de mer son excès d'élément calcaire, tandis que les animalcules s'assimilent l'élément siliceux.

L'existence de corps organisés sous les grandes profondeurs s'explique difficilement. Mais des faits nombreux affirment cette présence de la vie dans les régions inconnues que la sonde nous découvre. Ainsi on a ramené d'une profondeur de 1,000 mètres des coquilles attachées au câble sous-marin de Bone à Cagliari, dans lesquelles M. Alph. Milne Edwards a reconnu une espèce d'huître commune dans la Méditerranée.

Pendant le voyage du *Bulldog*, commandé par sir L. M'Clintock qui avait été chargé par l'amirauté d'une exploration de la route proposée pour la pose du câble transatlantique, par la voie de l'Islande et du Groënland, l'un des sondages fournit un résultat curieux : « La profondeur ayant été trouvée de 1,260 brasses, on « fila, en outre, 50 brasses de ligne environ, pour assurer le con- « tact de la sonde avec le fond de la mer et en retirer un spéci- « men. Lorsque cette partie de la ligne qui avait touché le fond « fut retirée, elle portait des étoiles de mer vivantes, et le doc- « teur Wallich, naturaliste de l'expédition, reconnut, dans le spé- « cimen de sable, des globigerinœ, animaux microscopiques qui

[1] *Les Courants de la mer. — Annuaire scientifique.* 3e année.

« habitent les dépôts d'eau saumâtre sur les côtes. Le professeur « Forbes avait cru pouvoir conclure de quelques observations que « la vie n'existe pas au fond des mers, à ces profondeurs inexplo- « rées où ne peut pénétrer le moindre rayon de lumière, où les « matières sont soumises à une pression d'au moins 200 kilo- « grammes par centimètre carré[1]. »

En résumé, le fond des mers nous apparaît comme une continuation de la surface terrestre sur les îles et les continents. Nous y retrouvons les chaînes de montagnes dont les divers archipels nous indiquent la direction, formant aussi des vallées, des bassins, que la sonde nous découvre.

« Grâce à une découverte du vénérable Franklin, dit Humboldt[2], le thermomètre est devenu aujourd'hui une véritable sonde. En effet, il est presque toujours possible de reconnaître la pérsence d'un bas-fonds ou d'un banc de sable situé hors des courants, par l'abaissement des températures de l'eau qui le recouvre. Ce phénomène, dont on peut tirer parti pour rendre la navigation plus sûre, me paraît provenir de ce que les eaux profondes, entraînées par le mouvement général des mers, remontent les pentes qui bordent les bas-fonds et vont se mêler aux couches d'eau supérieures. Sir Humphry Davy a proposé une autre explication : les molécules d'eau refroidies pendant la nuit, par voie de rayonnement, descendent vers le fond de la mer ; mais, au-dessus d'un bas-fonds, ces molécules restent plus près de la surface et en maintiennent ainsi la température à un degré moins élevé que partout ailleurs. Des brouillards se forment fréquemment au-dessus des bas-fonds, parce que l'eau froide qui les recouvre détermine une précipitation locale des vapeurs contenues dans l'atmosphère. J'ai vu souvent ces brouillards au sud de la Jamaïque et dans la mer du Sud ; leurs contours étaient nets ; vus de loin, ils reproduisaient exactement la forme des bas-fonds. C'étaient de véritables images aériennes où se réfléchissaient les accidents du sol sous-marin. L'eau froide qui recouvre ordinairement les bas-fonds produit un effet encore plus singulier dans les hautes régions de l'atmosphère ; elle agit à peu près comme les îles aplaties de corail ou de sable : on voit souvent en pleine mer, loin des côtes et par

[1] *Annales télégraphiques*. — Mai-juin 1861. Le télégraphe transatlantique du Nord, par M. Blerzy.

[2] *Cosmos*, tome Ier.

un ciel serein, des nuages se fixer au-dessus des points où les bas-fonds sont situés et l'on peut alors relever, avec la boussole, la direction de ces points, tout comme s'il s'agissait d'une chaîne de montagne ou d'un pic isolé. »

La distribution géographique des animaux et des végétaux dépend en partie de la température des grands courants qui contribuent à déterminer les climats de l'océan. Mais cette influence, prédominante en certaines régions, ne change pas le constant rapport qui partout existe entre le développement de la vie et l'intensité de la lumière. Nous avons vu que les espèces sous-marines, comme les espèces terrestres, obéissent à la tendance universelle des êtres vers une vie plus brillante, plus libre, plus indépendante des milieux, et que cette tendance préside au choix des zones plus ou moins profondes qu'elles habitent.

Quoique nous ayons très-sommairement indiqué les principales questions qui se rattachent à l'orographie de la mer, nous espérons avoir fait apprécier toute l'importance des cartes orographiques et des recherches « dont le résultat, dit Maury, doit encourager les observateurs à persévérer dans une voie féconde, en leur montrant combien tout spécimen rapporté du fond de l'océan peut contribuer à la somme des connaissances humaines. »

La mer a ses légendes, parmi lesquelles une des plus répandues et des plus persistantes fait surgir de l'abîme des monstres étranges aux formes gigantesques, effroi des navigateurs.

« Heureux, s'écrie le plongeur dans la ballade de Schiller, qui respire à cette lumière rose et douce ! Mais là, sous les eaux, tout est affreux. Ah ! que l'homme ne tente pas les dieux ! Que jamais, jamais il ne désire contempler ce que, dans leur clémence, ils enveloppent de ténèbres et d'horreur ! »

On a considéré comme fabuleuses les descriptions faites par Pline d'énormes polypes de cinquante pieds de long. Dans une très-intéressante communication à l'Académie des sciences de Berlin, M. Ehrenberg, à propos de la grande étoile de mer retirée par la sonde, près des côtes du Groënland, d'une profondeur de 2,500 mètres, a rappelé divers faits qui paraissent concorder d'une manière remarquable avec les récits légendaires. D'accord avec le docteur Wallish, M. Ehrenberg est disposé à admettre que cette étoile ne s'est pas simplement accrochée à la ligne de sonde pendant qu'on la retirait, mais qu'elle provient du fond, où vivraient

également les monstres marins. Au mois d'août 1859, le professeur Steenstrupp a fait à la Société des naturalistes de Berlin une communication relative à la pêche d'un grand animal trouvé dans le Sund en 1849, et que Rondelet, Belon, Gessner ont décrit sous le nom de *moine de mer*. En 1853, on a pris, près du Jutland, une seiche gigantesque du poids de cent kilogrammes, que M. Steenstrupp range, avec une autre seiche trouvée dans l'Atlantique en 1858, dans un genre particulier, sous le nom d'*architeutus monachus* et *architeutus dux*. On pourrait aussi appeler ce dernier *tueur de baleines*, car on l'a pris pendant qu'il luttait avec un de ces cétacés. Quelques parties du corps de ces monstrueux polypes sont conservées au musée de Copenhague. A la fin de l'année 1861, M. Bouyer, lieutenant de vaisseau, commandant le bateau à vapeur *l'Alecton*, a décrit dans une lettre à l'Académie des sciences, accompagnée d'un dessin colorié, la rencontre d'un semblable polype près de Ténériffe. Les matelots, après avoir attaché l'un de ses bras, ont voulu le hisser à bord, mais ils n'ont pu y parvenir à cause de son trop grand poids. On ne peut donc mettre en doute que les profondeurs de l'océan contiennent des monstres dont l'organisme est adapté à ces régions inconnues, d'où ils ne sortent que rarement. « Leurs apparitions très-réelles, dit Ehrenberg, ont formé le fond des traditions mystérieuses que depuis des milliers d'années les marins se transmettent, et qui ont donné naissance aux fantastiques créations du kraken et du serpent de mer. De même que les masses incalculables de petites méduses gélatineuses qui flottent à la surface servent de nourriture aux énormes baleines, il y a sans doute au fond des mers une abondante proie pour ces animaux prodigieux. »

La mer, qui a été pour l'homme une grande institutrice, a été aussi pour lui une école de courage où se sont développées, dans des luttes fécondes, ses plus vaillantes énergies. Nulle bravoure ne surpasse celle du plongeur. Il affronte, dans ses pénibles recherches, les redoutables habitants de l'abîme, le poulpe géant, le terrible requin, la grande raie de douze à quinze pieds de largeur, qui infestent les mers où se pêche la perle. Grâce cependant aux réservoirs à air comprimé ou bateaux sous-marins, inventés par MM. Payerne et Lamiral, les profondeurs de la mer seront plus accessibles, et l'industrie humaine ne se bornera plus à les ex-

plorer pour recueillir les perles, la nacre et le corail. Favorisée par les recherches qui donneront des renseignements moins incertains sur les zones de nos rivages habitées par les poissons et les mollusques, la culture des eaux prendra bientôt sans doute un grand développement, et deviendra, par les conquêtes de nos vaillants explorateurs, autant que par le progrès des théories, une science féconde en bienfaisants résultats.

« Si l'on plonge dans la mer à une certaine profondeur, on perd bientôt la lumière ; on entre dans un crépuscule où persiste une seule couleur, un rouge sinistre ; puis cela même disparaît, et la nuit complète se fait. C'est l'obscurité absolue, sauf peut-être des accidents de phosphorescence effrayants. La masse, immense d'étendue, énorme de profondeur, qui couvre la plus grande partie du globe, semble un monde de ténèbres. Voilà surtout ce qui saisit, intimida les premiers hommes. On supposait que la vie cesse partout où manque la lumière, et qu'excepté les premières couches, toute l'épaisseur insondable, le fond (si l'abîme a un fond) était une noire solitude, rien que sable aride et cailloux, sauf des ossements et des débris, tant de biens perdus que l'élément avare prend toujours et ne rend jamais, les cachant jalousement au trésor profond des naufrages. » (Michelet, *la Mer*.)

Nous avons vu comment la science a éclairé ces ténèbres en nous découvrant le mystérieux abîme des mers. S'il se présente encore à l'esprit sous de redoutables aspects, il nous offre aussi, dans le cristal des eaux, les plus brillantes manifestations de la vie. Les débris qu'il recèle sont couverts par une blanche couche de légères coquilles, qui s'accumulent au fond de l'océan comme la neige sur les cimes. Là sont ensevelis les restes de ceux qui ont succombé en travaillant pour nous, en luttant contre les vagues et la tempête pour conquérir aux nations de nouvelles richesses, pour les rapprocher par de nouveaux liens, par un plus rapide échange de la pensée. Tel est le trésor de la mer : une touchante mémoire, un fécond souvenir de sacrifice et de dévouement, d'héroïque génie, un noble appel à la généreuse activité par laquelle chaque jour nous devons étendre notre domination sur la nature, soumise aux souveraines puissances de l'âme et de l'intelligence.

ÉLIE MARGOLLÉ.

PHYSIOLOGIE

I

LES VIVISECTIONS

DES EXPÉRIMENTATIONS SUR LES ANIMAUX VIVANTS

Leur indispensable nécessité pour les progrès de la physiologie. Examen des objections faites à ce genre d'études.

La question des vivisections, souvent agitée, est une de celles qui méritent le plus de fixer l'attention des hommes d'étude. L'expérimentation sur les animaux vivants a été attaquée trop souvent avec une exagération déplorable, car on voudrait, en la blâmant avec tant d'énergie, la proscrire complétement; mais quelquefois aussi l'a-t-on défendue et soutenue avec trop d'insistance. Elle doit être considérée comme un des meilleurs moyens de perfectionnement de nos connaissances sur le mode suivant lequel les fonctions s'accomplissent. Il convient donc d'examiner avec soin et avec calme, sans se laisser entraîner par l'exagération d'une sensibilité louable sans doute, mais qui doit avoir des bornes, les motifs d'excuse et je dirai même d'encouragement pour le physiologiste qui, surmontant la répulsion naturelle que le spectacle des souffrances inspire, cherche à surprendre, par ses vivisections conduites sagement et avec modération, des secrets qui, sans le secours de la physiologie expérimentale, lui resteraient impénétrables.

C'est l'importance même de ce sujet qui m'engagea à en faire l'objet d'un travail spécial qui fut inséré dans le journal l'*Ami des sciences*, en juillet 1861, pages 449 et suivantes.

Depuis cette époque, la question a été soulevée pour la seconde fois dans le sein de la Société protectrice des animaux à Paris qui,

déjà, s'était prononcée dans un sens conforme aux vues d'une sage physiologie. Une commission, dont j'eus l'honneur de faire partie, fut nommée, et le rapporteur de cette commission, M. A. Sanson, vétérinaire distingué, fit un remarquable rapport inséré dans le *Bulletin de la Société* (1860, p. 356-364).

A une époque plus récente encore, l'Académie impériale de médecine a été saisie de ce sujet par M. le ministre du commerce, des travaux publics et de l'agriculture, qui, en transmettant à ce corps savant, de la part de la Société protectrice des animaux à Londres, une brochure dont le titre est : *Observations sur la dissection des animaux vivants*, avec un article extrait d'un journal anglais et intitulé : *Vivisections ou atrocités commises en France*, demandait à l'Académie de lui indiquer s'il y avait lieu de tenir compte de ces écrits, et, dans ce cas, dans quelle mesure, et ce qu'il y aurait à faire. Une commission de neuf membres fut nommée, et Moquin-Tandon, avec la lucidité et l'extrême justesse d'esprit qui étaient au nombre des remarquables qualités de cet homme éminent, trop tôt enlevé aux sciences botanique et zoologique dont il poursuivait la double étude avec tant d'éclat, Moquin-Tandon présenta, au nom de cette commission, un rapport dont la première conclusion est celle-ci : « Les vivisections sont indispensables au progrès de la physiologie expérimentale ; » et deux autres qui résument en quelque sorte celles dont elles sont précédées, sont rédigées ainsi : « Les vivisections doivent avoir pour but bien déterminé et bien évident un progrès dans la science » ; « les expérimentateurs doivent s'entourer de tous les moyens que possède la science pour abréger et adoucir les souffrances des animaux et même, dans certains cas, pour les prévenir complétement. »

Les considérations que j'ai présentées dans le travail dont je viens de faire mention étant tout à fait d'accord avec celles que les deux commissions ont exposées dans leurs rapports, il ne me semble pas inutile de le reproduire ici pour mettre les lecteurs de l'*Annuaire* au courant de ce qui se rattache à ce sujet.

> Il n'est desir plus naturel que le desir de cognoissance. Nous essayons tous les moyens qui nous y peuvent mener; quand la raison nous fault, nous y employons l'expérience.
>
> Montaigne, *Essais*, liv. III, ch. XIII.

Le physiologiste le plus éminent du siècle dernier, Haller, ouvrit une voie nouvelle à la science qu'il cultivait avec tant d'ardeur et de succès. Je veux parler de l'expérimentation, dont il fut le plus zélé promoteur. Les résultats si sûrs et si positifs obtenus par ce mode d'investigation dans l'étude des phénomènes de la vie ont, depuis lors, démontré de plus en plus tout ce qu'il est permis d'attendre de vivisections sagement combinées. Souvent une seule expérience, comme l'a dit l'illustre professeur de Berne (*Elem. physiologiæ*, præf., p. 3), a réfuté les suppositions des siècles précédents. Cette sorte de cruauté, dit-il encore, a été plus utile à la vraie physiologie que ne le sont toutes les autres sources d'instruction où va puiser l'homme avide de savoir.

On trouve exprimée, dans le *Nouvel Organon* de Bacon, une pensée analogue : « La meilleure de toutes les démonstrations, c'est, sans contredit, l'expérience, pourvu qu'on s'attache uniquement au fait même qu'on a sous les yeux ; car si, se hâtant d'appliquer les résultats des premières observations aux sujets qui paraissent analogues aux sujets observés, on ne fait pas cette application avec un certain ordre et une certaine méthode, rien au monde de plus trompeur. » (Liv. I, p. 31, § LXX, trad. de Riaux.) Il ne faut pas oublier cet autre précepte si sage du même philosophe, « que l'expérience ne doit marcher qu'à la lumière d'une méthode sûre et fixe, par degrés et pour ainsi dire pas à pas, car alors seulement on pourra espérer de faire d'utiles découvertes. » (*Loc. cit.*, § C, pag. 60.) « Pour qu'une expérience porte des fruits solides, a dit dans un autre passage le célèbre chancelier, il faut préparer convenablement son esprit et savoir avant tout ce qu'on cherche et ce qu'on veut faire. »

Maupertuis, dont l'esprit investigateur s'est porté sur tant de sujets différents, comprenait aussi tout ce qu'il y a d'utile dans l'expérimentation. A l'occasion de la salamandre, qui passe faussement pour pouvoir vivre dans le feu, ce philosophe a écrit dans les

Mémoires de l'Académie des sciences, 1727, page 29, la phrase suivante, qu'il me semble utile de reproduire ici : « Toute fabuleuse que paraît l'histoire de l'animal incombustible, je voulus la vérifier, et quelque honte qu'ait le physicien en faisant une expérience ridicule, c'est à ce prix qu'il doit acheter le droit de détruire des opinions consacrées par le rapport des anciens. »

Il importe enfin de rappeler cette vérité un peu triviale à force d'être répétée, mais par malheur oubliée trop souvent, que l'expérimentateur, avant de porter le scalpel sur un animal pour interroger la nature vivante, doit toujours se défendre de toute idée préconçue et dépouiller son esprit de toute théorie. Ainsi préparé à l'examen des organes en action, il observe avec plus de succès. Les résultats qu'il obtient sont comme une source plus pure d'où jaillisent des enseignements plus positifs et que le temps sanctionne. Tel fut notre immortel Bichat, dont les recherches expérimentales ont acquis à la science tant de faits précieux.

Après lui doit venir, au premier rang, Legallois, dont la vie trop courte, comme celle de son célèbre devancier, a été illustrée par les conséquences auxquelles l'ont amené ses expériences sur l'indispensable nécessité de l'intégrité de la moelle épinière pour l'accomplissement des mouvements du cœur, que Haller croyait soustraits à son empire. L'importante distinction entre les nerfs du sentiment et les nerfs de mouvement établie et positivement prouvée par l'observation directe chez les animaux peut être citée comme une des plus belles conquêtes de cette école d'expérimentation sur laquelle ont jeté tant d'éclat les recherches des physiologistes de notre époque, et en particulier celles de M. Flourens, relatives aux fonctions des diverses parties de l'encéphale, et les travaux de Magendie, ainsi que ceux de MM. Longet et Cl. Bernard.

La liste des acquisitions précieuses que la science a successivement faites à l'aide de ce mode d'investigation serait très-longue, alors même qu'elle ne comprendrait que les faits les plus importants. Je me borne aux précédents, car ce n'est point ici le lieu d'énumérer toutes les preuves de l'indispensable nécessité des vivisections pour arriver à une connaissance moins imparfaite des phénomènes de la nature vivante. Tous les physiologistes, cependant, n'ont pas partagé cette manière de voir.

Des reproches ont été adressés à des conclusions appliquées à l'homme, parce qu'elles étaient déduites d'observations faites seu-

lement sur les animaux, où les phénomènes, dit-on, peuvent différer de ce qu'ils sont dans l'espèce humaine. On ne saurait nier que ces critiques ne semblent, à première vue, avoir une certaine justesse; mais la plupart tombent quand on constate que presque tous les faits obtenus par l'expérimentation sont démontrés réels par la pathologie, certains états morbides fournissant des résultats identiques à ceux que donnent les recherches expérimentales. Les troubles fonctionnels que la maladie détermine peuvent, en effet, être considérés comme le *criterium* de l'expérimentation. Ainsi, l'anatomie pathologique ou la connaissance des lésions matérielles des organes est un champ fertile où le physiologiste, trouvant, si l'on peut s'exprimer de cette façon, des expérimentations toutes faites, comprend le but de l'organisation en voyant la perturbation que les lésions pathologiques apportent dans le jeu du mécanisme de la vie.

Les exemples propres à confirmer cette assertion abondent, mais un seul peut suffire. Ainsi, où pourrait-on trouver des preuves plus convaincantes de l'action croisée des centres nerveux au-dessus de l'entre-croisement des éminences pyramidales de la moelle épinière que dans les symptômes fournis par l'apoplexie, dont les effets se manifestent du côté opposé à celui où a eu lieu, dans l'encéphale, l'épanchement sanguin?

Comment, d'ailleurs, le médecin serait-il parvenu à préciser le véritable siége de la lésion dès l'instant où les effets qu'elle produit se manifestent, si, dans bien des cas, les expériences sur les animaux vivants ne lui avaient appris à le connaître?

D'autres reproches, d'une nature toute différente, sont faits aux vivisections, non pas par les physiologistes et les médecins, car ils sont d'accord pour dire, comme M. Sanson le fait observer, que le seul moyen certain de connaître le jeu des organes, c'est de les surprendre expérimentalement en action, mais par des personnes qui, animées de sentiments de pitié pour les animaux auxquels on est malheureusement obligé de faire éprouver des souffrances plus ou moins vives, voudraient les y voir soustraits. Leur vœu serait même que l'autorité intervînt pour établir des règlements très-sévères, s'il n'était pas possible d'arriver à une interdiction absolue. Les sociétés protectrices des animaux, en France et à l'étranger, ont été saisies de cette question, qui, comme on le voit, se trouve transportée sur un tout autre terrain que celui où l'avaient placée

les premiers contradicteurs. La Société de Londres, représentant une opinion très-généralement répandue en Angleterre, se montre, plus que toutes les autres, extrêmement hostile à l'emploi des animaux vivants pour les recherches physiologiques, oubliant, comme M. Sanson l'a dit avec justesse, qu'il est un sentiment qui prime de toute sa hauteur notre sollicitude pour les animaux; quelque grande qu'elle puisse et doive être, c'est l'intérêt de notre propre conservation et même de notre propre amélioration, « donnée de philosophie sociale qui s'appelle l'utilité. » La Société de Paris, qui renferme dans son sein beaucoup d'hommes éclairés, et en particulier des médecins familiarisés avec ce genre d'études, en a longuement discuté les avantages et les inconvénients. Aussi ai-je pu, à l'époque où je remplissais dans cette assemblée les fonctions de secrétaire général, m'exprimer de la façon suivante sur ce sujet, en présentant le compte-rendu des travaux pour l'année 1857 :

« C'est par les tendances scientifiques dont la manifestation se produit chaque jour davantage parmi nous, qu'il faut expliquer la position si digne d'éloges qu'a prise la Société dans les discussions soulevées à l'occasion de cet art d'interroger la nature vivante qui, sous le nom de vivisections, a si souvent ému les cœurs. Reconnaissant la nécessité cruelle, il est vrai, mais indispensable, de certaines investigations sur des êtres que la vie n'a point encore abandonnés, elle n'a pas franchi les bornes que lui imposait une sage réserve. Elle a défendu de tout son pouvoir la cause qu'elle a embrassée, mais elle a compris qu'une pitié excessive serait un obstacle à des expérimentations dont le résultat peut être utile à l'homme lui-même. L'un de ses vœux les plus ardents est donc, comme l'a dit M. Littré, que la raison humaine s'interpose pour réduire dans ses limites les plus étroites cette destruction inévitable et fatale. Il est bon, dirai-je encore avec ce savant académicien, il est beau même, pendant que l'esprit embrasse la rigoureuse fatalité qui détruit les existences, que le cœur maintienne ses droits. »

Si j'ai reproduit le passage qui précède, c'est que la Société a continué à porter le même jugement sur cette question. Se gardant bien de pousser jusqu'à l'extrême l'application des idées généreuses prises par elle comme point de départ pour les réformes qu'elle désire établir dans les rapports de l'homme avec les animaux, elle

a voulu éviter de tomber dans un excès qu'on pourrait qualifier, à juste titre, de *sensiblerie*, pour me servir d'un mot qui exprime bien l'exagération de l'une de nos plus nobles facultés, de cette sensibilité juste et sagement entendue qui nous porte à prendre intérêt aux souffrances des êtres inférieurs au milieu desquels nous vivons. Elle a montré le rôle que les Sociétés protectrices peuvent prendre dans un débat dont le sujet est très-complexe, puisque les intérêts de la science se trouvent mêlés à ceux de la cause qu'elles défendent, et qui est celle de la compassion à exciter chez l'homme en faveur des animaux trop souvent soumis à des traitements injustes et cruels. Elle a défendu, comme il convenait de le faire, les droits de la science, et j'ai cherché moi-même à montrer, au commencement de cet article, les ressources précieuses que les vivisections ont fournies à la connaissance plus précise des lois de la vie. Mais pour mériter l'approbation de ceux qui aiment avec sincérité le progrès de la science, ce qui signifie aussi le bien de l'humanité, ces recherches expérimentales ont besoin d'être strictement maintenues dans les limites de ce noble but.

Les conclusions du rapport fait à la Société protectrice, et dont j'ai parlé en commençant, ont été adoptées après de vives et longues discussions par la Société, qui a émis le vœu que les abus auxquels les expérimentations sur les animaux vivants peuvent donner lieu soient l'objet d'un examen attentif de la part de l'administration, afin que, si cela est possible, elle parvienne à les réformer.

Il est évident que les Sociétés protectrices ne peuvent point aller au delà de ce vœu; mais il serait très-désirable, en effet, de voir les physiologistes, qui regrettent presque toujours, on doit le proclamer bien haut, les souffrances qu'ils imposent à des êtres vivants, s'attacher, comme le font, au reste, la plupart d'entre eux, à pratiquer leurs expériences avec réserve et à éviter tout ce qui, dans ce genre d'études, pourrait leur donner une apparence de cruauté.

« Tuons un animal, disait Plutarque, mais pour le moins que ce soit avec commisération et avec regret, non point par jeu ou plaisir ni avec cruauté. »

Aug. Duméril.

II

LES GÉNÉRATIONS SPONTANÉES

ET LES CORPUSCULES ORGANISÉS DE L'ATMOSPHÈRE

Une couche de moisissures blanches apparaît rapidement sur l'encre qui séjourne au contact de l'air ; la farine humide se couvre d'une mousse verdâtre ; le jus de tous les fruits sucrés exposés à l'air pendant quelque temps éprouve une modification profonde et se transforme en une liqueur spiritueuse ; de l'eau dans laquelle macère une poignée de foin se peuple d'infusoires : ils vont, viennent, tournent, se poursuivent, se dévorent et présentent à l'œil armé du microscope un spectacle aussi varié qu'attrayant.

Qu'un esprit superficiel ne rejette pas ces infiniment petits dans le domaine réservé de la science, et ne croie pas qu'ils n'intéressent qu'une vaine curiosité. — Il n'est pas un phénomène chimique qui touche de plus près à la vie de chaque jour que la fermentation parfois déterminée, toujours accompagnée par ces êtres microscopiques. — C'est elle que mettent en œuvre le boulanger, le brasseur et le vigneron ; sous son influence mystérieuse, la pâte de la farine lève, s'aère, et nous donne le pain, le véritable aliment national ; l'infusion d'orge germée, le jus des raisins écrasés se peuplent de végétaux microscopiques et bientôt les liquides se troublent, s'échauffent, bouillonnent ; des cuviers se dégagent des torrents de gaz carbonique, la bière et le vin prennent naissance. On serait tenté d'abord de bénir la force qui préside à ces métamorphoses et qui change une tisane insipide en une boisson salutaire et spiritueuse, si tout à coup elle ne changeait d'aspect ; d'alliée elle devient ennemie et lance la mort sous une forme d'autant plus terrible qu'elle est insaisissable. — Des marais s'élèvent silencieusement des effluves morbides, la peste, le choléra planent sur la cité ; les germes des maladies mortelles, invisibles ferments suspendus dans l'atmosphère, flottent d'un lieu à l'autre, puis, tout à coup, s'abattent sur leurs victimes ; leur attaque est sûre, leur contact est mortel, et bientôt, noircis sous cette funeste étreinte, s'amoncellent les cadavres.

D'où viennent ces effluves morbides, ces germes, ces végétaux microscopiques, ces infusoires ferments variés, dont la science cherche à pénétrer les fonctions aussi bien que l'origine ? Sont-ils engendrés par la matière dans laquelle on les voit apparaître ? Tout corps en décomposition peut-il produire ces êtres nouveaux, dont le rôle nous touche de si près, ou bien, comme les végétaux et les animaux dont nous pouvons suivre la filiation, proviennent-ils de parents semblables à eux ? Tout être, suivant l'expression ancienne, vient-il d'un œuf, ou bien assistons-nous journellement à une sorte de création, et la matière peut-elle s'organiser sous nos yeux pour donner naissance à de nouveaux êtres vivants ?

Telle est la question qui s'agite aujourd'hui devant le monde savant et qui, toujours soulevée, jamais résolue, semble devoir périodiquement être remise en discussion. Elle est, en effet, difficile à éclaircir ; les voiles dont elle s'entoure sont pénibles à soulever ; il faut, à celui qui espère clore cette discussion vieille de plusieurs siècles [1], les longues études du naturaliste, la patience et la sagacité du micrographe, l'habileté expérimentale du chimiste ; mais le but à atteindre est fait pour enflammer les courages d'une noble ambition, car au vainqueur reviendra une belle part de ces lauriers sans tache que font fleurir les découvertes scientifiques. Non-seulement l'étude des fermentations peut guider plusieurs de nos industries les plus importantes, perfectionner la fabrication des produits alimentaires les plus usuels, elle touche encore aux plus hautes spéculations auxquelles s'élève l'esprit humain. Son ambition, depuis l'antiquité la plus reculée, a toujours été d'imaginer un système du monde ; nous voulons savoir l'origine du globe que nous habitons ; nous voulons que le géologue nous décrive les bouleversements dont notre planète a été le théâtre ; sur ce globe nous voyons apparaître la vie et nous demandons au naturaliste à

[1] Lucrèce, le grand poëte, n'était pas partisan des générations spontanées ; Voltaire traduit ainsi le passage où il aborde cette question discutée encore aujourd'hui :

« Le hasard incertain de tout alors dispose,
L'animal est sans germe et l'effet est sans cause.
On verra les humains sortir du fond des mers ;
Les troupeaux bondissant tomber du haut des airs ;
Les poissons dans les bois naissant sur la verdure :
Tout pourra tout produire ; il n'est plus de nature. »

(*Des singularités de la nature.*

quelle source mystérieuse et féconde elle a été puisée ; à chacune des grandes révolutions qui successivement modifièrent la surface de la terre apparaissent de nouveaux êtres vivants qui posent devant nous le grand problème de l'origine des espèces. — La vie n'est-elle qu'une modification des forces physiques que nous voyons chaque jour fonctionner ici-bas, pouvons-nous suivre la métamorphose de ces forces et les voir animer d'abord les formes les plus simples, les organismes les plus élémentaires, dont les terrains anciens nous offrent les dépouilles, pour s'incarner plus tard dans des organismes plus complexes et plus parfaits. De même que nous voyons une peuplade d'abord groupée autour de quelques huttes, n'ayant pour se défendre contre les bêtes fauves que des silex grossièrement façonnés, devenir par la suite des temps une riche nation, qui couvre toute une contrée d'un réseau de chemins de fer, et qui lance ses navires d'un pôle à l'autre, de même cette force mystérieuse qui anime les êtres vivants eux-mêmes semble obéir à la grande loi qui les pousse vers la perfection; et il paraît être dans son essence même de passer des êtres les plus simples aux plus parfaits et d'arriver par une sorte de développement régulier de la mousse et de l'infusoire, jusqu'au chêne, au mammifère. Pouvons-nous assister à quelques-unes des métamorphoses qu'exige l'audacieuse hypothèse que nous venons de présenter? Pouvons-nous surtout saisir le passage de la matière minérale à la matière organisée? Les infusoires qui s'agitent sous la lentille du microscope sont-ils la première manifestation de la vie, une des premières étapes vers l'être plus complet, comme l'humble chenille est la première forme du brillant papillon? Si la doctrine des générations spontanées est une réalité, si la matière est susceptible de s'organiser et de prendre vie, un grand pas est fait dans la compréhension des phénomènes généraux de l'univers, la matière brute se lie pour ainsi dire à l'être organisé : car, malgré les protestations des partisans actuels de l'hétérogénie [1], il est certain que les moisissures et les infusoires apparaissent dans des matières qui n'ont jamais vécu. Si, en outre, la transformation des espèces est possible, si le système de M. Darwin non plus re-

[1] On désigne sous ce nom l'opinion qui soutient que des animaux peuvent naître autrement que de parents semblables à eux ; l'opinion contraire qui fait venir tous les êtres de germes, œufs ou graines, prend le nom de *panspermie*.

tenu dans les sages limites où il l'enferme, trop timidement suivant quelques-uns, peut être considérablement étendu ; si non-seulement un genre très-varié comme les canis dérivant d'un type unique, a pu se diversifier et donner les espèces chien, loup, renard et chacal ; mais si même, comme le pensait de Blainville, les types eux-mêmes ont pu se perfectionner et s'élever peu à peu par une chaîne continue qui, commençant à l'infusoire, se terminerait au mammifère, de sorte que l'étincelle vitale, apparaissant d'abord dans l'être inférieur par le jeu des forces physiques, se serait transmise d'espèce en espèce jusqu'à l'homme, l'arrivée de celui-ci sur la terre n'est plus que la manifestation d'une force régulière : l'homme n'apparaît pas tout à coup comme s'il sortait du dessous d'un théâtre ; il est le suprême effort de la nature perfectionnant son œuvre dans la suite des temps. La brillante théorie des générations spontanées, le système de transformation des espèces les unes dans les autres nous fournissent donc une première idée du système du monde, et puisque l'esprit, flottant dans l'obscurité la plus profonde lorsqu'il sonde ces grandes problèmes, aperçoit une première lueur en admettant la génération spontanée, en proclamant la transformation des espèces, n'est-ce pas là une raison sérieuse en faveur de la réalité de ces deux hypothèses, et ne peut-on tirer des avantages qu'elles présentent pour la compréhension du système du monde un argument en leur faveur ?

Rien ne serait plus fatal pour l'avancement des connaissances humaines qu'un pareil mode de raisonner.

Rien ne serait plus contraire à une saine méthode de philosopher que de conclure *a priori* et d'admettre certains faits physiques sous prétexte qu'ils sont nécessaires à l'édification de tout un système. La méthode expérimentale est tout autre : elle ne doit procéder que du connu à l'inconnu et accepter les faits qu'elle découvre sans se préoccuper des conséquences ; elle ne doit pas s'enquérir de ce qui adviendra si on démontre qu'il existe des générations spontanées ; elle ne doit pas savoir si ses essais seront favorables aux idées matérialistes, ou s'ils fourniront de nouveaux arguments contre les athées ; elle doit simplement expérimenter, imaginer une série d'interrogations directes à la nature et conclure d'après les réponses, sans parti pris comme sans faiblesse. C'est donc à tort, suivant nous, qu'on a voulu obscurcir une ques-

tion d'histoire naturelle de toute une métaphysique ; d'autant plus à tort que le débat pendant aujourd'hui devant l'Académie et le public savant ne s'élève pas à la hauteur à laquelle il pourrait atteindre. Les partisans actuels de l'hétérogénie, en effet, ne cherchent pas à démontrer qu'une matière inerte peut s'organiser et vivre, mais ils pensent seulement qu'une matière ayant appartenu à un être vivant conserve après la dissolution de l'organisme qui la renfermait une certaine vie latente, qui peut apparaître de nouveau sous une forme plus ou moins compliquée. Les conclusions auxquelles, sans doute, voudraient arriver les partisans de la génération spontanée ne sont donc pas en cause aujourd'hui ; ce n'est pas, nous le répétons, une création de la vie que les hétérogénistes prétendent observer, c'est seulement son passage d'une matière provenant d'un être vivant à un nouvel être complétement différent du précédent, qui s'organise sous l'influence de la force vitale dont les débris d'un être antérieur sont encore animés.

Circonscrite dans la physiologie, l'hétérogénie est cependant encore une magnifique étude. Il s'agit de savoir si la nature procède, pour la création des êtres, par deux méthodes différentes : les grands animaux, tous ceux dont les fonctions nous sont bien connues, naissent de parents semblables à eux ; les végétaux d'une structure complexe se reproduisent encore de la même façon, et personne ne soupçonnera, en voyant apparaître, au milieu des épis dorés du froment, les pétales du bleuet ou la rouge corolle du coquelicot, que bleuet et coquelicot ont apparu spontanément ; mais tout le monde admettra qu'une graine apportée par le vent ou mêlée à la semence du froment lui-même a été le germe de ces deux plantes. Eh bien, pour les animaux ou les végétaux microscopiques, il n'en serait plus ainsi : ils pourraient naître sans parents, et la matière déjà animée d'une vie antérieure leur donnerait naissance.

Pour triompher, l'une des opinions doit démontrer que la nature, toujours simple dans ses procédés, n'a adopté qu'un seul mode de reproduction pour tous les êtres vivants ; pour vaincre, au contraire, l'autre suit l'organisation de la matière et saisit la vie dans son berceau, au moment où elle anime les plus humbles de ses créations. Devant cette tâche attrayante, les fatigues et les veilles disparaissent. L'œil fixé au microscope, le naturaliste

suit les évolutions de ces petits êtres dont il doit saisir l'origine. Il y revient sans cesse, assistant à leur succession, espérant toujours découvrir quelques nouveaux mystères dans ce monde placé à la limite de nos moyens d'observation. Arrêté là sur le bord de l'abîme où s'agite l'infiniment petit, le chercheur éprouve toutes les jouissances et toutes les déceptions qui tour à tour enchantent et désespèrent aussi l'astronome lorsqu'il veut sonder les mystères de l'infiniment grand. Si puissant qu'il soit, le microscope nous abandonne bientôt : comme celle du télescope, sa puissance est limitée, et la goutte d'eau recèle des mystères aussi impénétrables que la profondeur des cieux. C'est cependant avec ces armes insuffisantes qu'il faut vaincre et triompher, à force de sagacité, des obscurités d'un sujet délicat, difficile, sur lequel se séparent complétement des esprits éminents et convaincus.

M. Pouchet à Rouen, MM. Joly et Musset à Toulouse et à Bordeaux, soutiennent hardiment le drapeau de l'hétérogénie, et cet été, au milieu d'une jeunesse ardente et passionnée, M. Joly défendait sa cause avec une grande habileté de parole, dans l'amphithéâtre de l'école de Médecine; à Paris, l'Académie des sciences presque tout entière, M. Milne Edwards, M. Flourens, combattent leurs adversaires par d'habiles raisonnements; M. Pasteur apporte à leur aide des expériences précises et rigoureuses; M. Lemaire, d'ingénieuses investigations; tout récemment enfin, M. Coste, amenant la question sur le terrain de l'embryogénie qui lui est familier, attaque vivement le naturaliste de Rouen; la bataille est donc engagée sur toute la ligne; nous allons y conduire le lecteur.

I

Historique. — Van Helmont. — Needham. — Spallanzani. — Expériences curieuses de MM. Schwann, — Schultze, — Schrœder. — M. Pouchet, en 1859, ranime le débat.

A l'origine, l'esprit humain attribue un effet à la cause qui lui apparaît comme la plus immédiatement probable. Si chaque jour le soleil se lève à l'orient et se couche à l'ouest dans les nuages empourprés, c'est qu'il tourne autour de la terre. Si l'aiguille aimantée se dirige vers le nord, c'est que le pôle recèle une grosse

masse de fer qui l'attire ; les anciens, les philosophes du moyen âge voient les animalcules accompagner toutes les putréfactions : ils en concluent que la putréfaction engendre ces animalcules; bientôt l'imagination s'en mêle, et au dix-septième siècle Van Helmont peut écrire : « L'eau de fontaine la plus pure, mise dans un vase imprégné de l'odeur des ferments, se moisit et engendre des vers. Les odeurs qui s'élèvent du fond des marais produisent des grenouilles, des sangsues, des herbes. Creusez un trou dans une brique, mettez-y de l'herbe de basilic pilée, appliquez une seconde brique sur la première, de façon que le trou soit parfaitement couvert, exposez les deux briques au soleil, et, au bout de quelques jours, l'odeur du basilic, agissant comme ferment, changera l'herbe en véritables scorpions. » — Plus loin, Van Helmont indique le moyen de faire naître des souris ; d'autres donnaient des procédés convenables pour faire produire des grenouilles au limon des marais ou des anguilles à l'eau des rivières.

De pareilles erreurs, des méprises aussi grossières devaient bientôt disparaître devant l'esprit d'examen qui s'empara de l'Europe au dix-huitième siècle ; mais s'il était aisé de convaincre tout le monde qu'un paquet de linge sale n'engendre pas de souris ; si Redi, en couvrant la viande avant sa putréfaction avec une gaze, montra que, les mouches ne pouvant plus y aller déposer leurs œufs, les vers n'y prenaient plus naissance : la doctrine des générations spontanées n'en resta pas moins dans la science. La découverte du microscope permit, en effet, de constater la présence dans les infusions d'êtres variés, animaux ou végétaux, dont il devenait d'autant plus difficile de suivre la filiation directe que les moyens d'observation devenaient plus insuffisants. La génération spontanée, qui ne pouvait se soutenir pour les animaux ou les végétaux faciles à observer, réfugiée dans l'apparition des êtres microscopiques, continua d'y régner en souveraine, et Buffon lui donna son appui. Il supposait que la matière des êtres organisés conserve après la mort un reste de vitalité, et que la vie réside dans les dernières molécules des tissus; lorsque la mort arrive, ces molécules mises en liberté échappent au moule dont elles faisaient partie pour pénétrer dans un autre moule et former un autre corps vivant.

Buffon n'appuyait pas son opinion sur de simples hypothèses, mais bien sur des expériences dues surtout à un naturaliste an-

glais, au célèbre Needham. — Celles-ci toutefois ne tardèrent pas à être combattues par l'abbé Spallanzani, l'un des physiologistes les plus distingués dont peut s'enorgueillir l'Université de Pavie ; il est curieux de voir que les méthodes qui sont employées encore aujourd'hui dans ces délicates expériences de génération spontanée avaient été imaginées, il y a déjà cent ans, dans la première discussion qu'engagèrent Needham et Spallanzani. — A Needham soutenant que les petits êtres vivants des infusions naissent de la matière même de ces infusions, Spallanzani opposait l'existence dans l'air et dans l'infusion même de germes pouvant donner naissance aux infusoires ; aussi essayait-il de les détruire au moyen du feu. Dans des ballons, il introduisait de l'eau, de l'air, une matière susceptible de se putréfier ; puis il fermait le ballon en soudant le verre à lui-même ; dans ces conditions la vie ne tardait pas à se manifester et des infusoires nombreux étaient bientôt décélés par l'étude microscopique ; mais après s'être assuré par cette expérience que l'infusion était convenable pour que des animaux pussent y vivre, Spallanzani chauffait ses ballons fermés de façon à déterminer la mort des germes qui pouvaient exister dans l'air, ou qui avaient pu être amenés dans l'eau par la matière putrescible elle-même ; dans ces nouvelles conditions, les infusions restaient stériles ; or, pour détruire toute trace de vie dans les infusions, Spallanzani avait été obligé de les chauffer à l'ébullition pendant trois quarts d'heure ou une heure ; aussi Needham pouvait-il lui objecter « que de la façon dont il a traité et mis à la torture les infusions végétales, il est visible que non-seulement il a beaucoup affaibli ou peut-être totalement anéanti la *force végétative* des substances infusées, mais aussi qu'il a entièrement corrompu par les exhalaisons et par l'ardeur du feu la petite portion d'air qui restait encore dans les fioles. Il n'est pas étonnant par conséquent que ces infusions n'aient plus donné aucun signe de vie. »

Or, les expériences de Spallanzani sont de 1776. On connaissait alors la composition de l'air, mais on n'était pas armé d'appareils convenables pour l'analyser facilement, et les conclusions du physiologiste de Pavie n'étaient pas à l'abri de toute critique, car on pouvait très-bien admettre que, pendant la longue ébullition qu'il faisait subir à une matière organique déjà en décomposition, celle-ci s'altérait, s'oxydait, et, transformant tout l'oxygène

de l'air en acide carbonique, rendait l'atmosphère du ballon impropre à entretenir la vie. Pour Needham et les partisans de la génération spontanée, ce n'était pas parce qu'il avait tué les germes des infusoires que Spallanzani avait obtenu un résultat négatif, mais bien parce qu'il avait rendu l'atmosphère de ses ballons incapable d'entretenir la vie.

Les expériences de Gay-Lussac sur les comestibles conservés par le procédé Appert vinrent plus tard apporter leur appui à cette manière de voir; car Gay-Lussac, en étudiant les conserves, les trouva toujours dépourvues de gaz oxygène; aussi, quand on voulut reprendre les expériences sur la génération spontanée, essaya-t-on de procéder dans des appareils où l'air pouvait se renouveler. M. le docteur Schwann paraît s'être le premier engagé dans cette voie; en 1837, il construisit un appareil dans lequel les matières putrescibles, d'abord soumises à l'ébullition afin de tuer les germes qu'elles peuvent renfermer, sont ensuite soumises à l'action d'un courant d'air préalablement porté à la température de 300°; les expériences de Schwann furent exécutées d'abord sur de l'extrait de viande; elles furent très-nettes, jamais il ne s'y produisit de fermentation ni de putréfaction; l'air normal, préalablement calciné, est donc impropre à déterminer la production des infusoires. Toutefois, les expériences de Schwann sur la fermentation du sucre ne furent plus aussi précises et laissèrent quelques doutes sur l'origine de la fermentation, car l'air chauffé la provoqua encore. A la même époque, M. Schultze soumettait une infusion déjà calcinée à l'action de l'air lavé sur de l'acide sulfurique, et obtenait des résultats négatifs.

MM. Schultze et Schrœder firent sur ce même sujet plusieurs expériences intéressantes en 1854. Afin d'arrêter au passage les corpuscules flottant dans l'atmosphère et de les empêcher d'arriver jusque dans les infusions, ils filtraient l'air sur le coton avant de le faire pénétrer dans les appareils renfermant les matières putrescibles; celles-ci étaient au reste portées à l'ébullition, de façon à détruire les germes qui pouvaient y être contenus. Les expériences portèrent sur de la viande avec addition d'eau, sur du moût de bière, et leurs résultats furent complétement négatifs : la viande se conserva, le moût de bière n'entra pas en fermentation; mais on n'obtint plus les mêmes résultats avec du lait ou avec de la viande sans addition d'eau : le lait se cailla, la viande

entra en putréfaction. Ainsi, l'air filtré sur du coton ne serait pas incapable de produire certaines décompositions, si celles-ci sont dues à la présence de quelques infusoires ou de végétaux microscopiques. On pourrait donc croire assister encore dans ces circonstances à des générations spontanées, s'il était permis d'être convaincu que le réseau formé par les fibres du coton est assez serré pour que toutes les spores et tous les germes y soient retenus malgré leur petitesse, qui fait échapper sans doute un grand nombre d'entre eux à tous nos moyens d'investigation. M. Schrœder, qui revint seul sur ce sujet en 1859, compare les résultats qu'il obtint dans ses expériences sur l'air filtré passant dans une liqueur fermentescible, avec ceux qu'on observe dans la cristallisation de quelques dissolutions sursaturées.

Quand on place dans une fiole une dissolution de sulfate de soude saturée à 33°, qu'on porte la liqueur à l'ébullition de façon à chasser tout l'air que renferme la fiole, qu'on la bouche enfin hermétiquement en soudant le verre sur lui-même, on peut laisser refroidir cette dissolution jusqu'à la température ordinaire, sans qu'aucun trouble s'y manifeste, sans que le sel cristallise; vient-on à casser l'extrémité du tube scellé, immédiatement la cristallisation a lieu, les longues aiguilles du sel partent de la surface du liquide et pénètrent bientôt toute la masse. On peut disposer cette expérience exactement de la même manière qu'on dispose celles qu'on exécute sur les générations spontanées. Dans une fiole dont le bouchon porte deux tubes, l'un descendant jusqu'au fond du vase tandis que l'autre est beaucoup plus court et s'arrête dans le col de la fiole, on place une dissolution saturée de sulfate de soude; on fait bouillir, puis on laisse refroidir lentement, sans agiter, le sel ne cristallise pas; la liqueur reste encore limpide si l'air qu'on fait passer dans le liquide est filtré sur du coton; mais la cristallisation a lieu immédiatement si l'air n'est plus filtré; il y a évidemment une analogie frappante entre cette curieuse expérience et celle qu'on exécute quand on fait pénétrer dans une liqueur fermentescible de l'air ordinaire, et qu'on voit s'y développer des mousses et des infusoires comme par une sorte de cristallisation organique, tandis que l'air filtré sur du coton la laisse inféconde, de la même façon qu'il traverse le sulfate de soude en dissolution sursaturée sans le faire cristalliser.

Ainsi, nous le répétons, de la même façon que l'air filtré sur

du coton passe au travers du moût de bière ou du bouillon de viande sans déterminer de putréfaction, de même cet air filtré passe dans du sulfate de soude sursaturé sans provoquer la cristallisation ; les deux effets sont identiques : sont-ils dus à la même cause ? M. Schrœder ne paraissait pas éloigné de le croire, d'autant plus que l'air filtré sur du coton, qui provoque encore la putréfaction du lait ou celle de la viande, peut aussi déterminer quelques cristallisations différentes de celles du sulfate de soude. Est-ce à l'air lui-même qu'il faut attribuer ces effets curieux ; est-ce à un principe gazeux qui, par sa nature même, aurait échappé à l'action du coton? Dans certains cas, une infusion de matière organique renfermant tous les matériaux nécessaires à l'organisation des êtres vivants va-t-elle produire ces êtres vivants par une sorte de cristallisation organique, comme la dissolution du sulfate de soude laisse cristalliser celui-ci ?

C'étaient là des questions sur lesquelles planait encore l'indécision la plus complète. Existe-t-il des germes de grosseur différente, dont les uns, échappant à l'action du coton, viennent ensemencer le lait ou la viande d'êtres microscopiques, qui déterminent leur altération parce qu'ils y trouvent une alimentation convenable, tandis qu'ils meurent dans l'infusion de viande ou dans la bière, de même que, troublant l'équilibre très-instable de certaines dissolutions, ils sont impuissants, au contraire, à déterminer aucun mouvement dans d'autres menstrues? — On ne savait que conclure. — Si intéressantes que fussent les recherches de de M. Schrœder, elles n'avaient pas eu assez de retentissement pour faire remettre la question à l'ordre du jour, quand, en 1859, M. Pouchet, directeur du Muséum de Rouen et correspondant de l'Académie des sciences, adressa à cette Compagnie un mémoire sur la génération spontanée, où il assurait avoir obtenu des résultats nouveaux tout à fait propres à convaincre les plus incrédules. Du foin était chauffé dans une étuve jusqu'à la température de 110° pendant une demi-heure, puis introduit dans de l'air artificiel obtenu en mélangeant de l'oxygène pur avec de l'azote pur également ; de l'eau distillée artificielle, préparé en combinant l'oxygène et l'hydrogène, était mêlée au foin de façon à obtenir une infusion ; ainsi, les précautions paraissaient bien prises contre les germes répandus dans l'atmosphère, puisque l'air et l'eau étaient obtenus directement avec leurs principes élémentaires, et que

tous les germes contenus dans le foin avaient été tués, dans l'opinion de M. Pouchet, par la température de 110° auxquels ils avaient été exposés. Cependant le liquide se peupla bientôt de nombreux infusoires qui, d'après le naturaliste de Rouen, ne provenaient pas de germes puisqu'il supposait tous ceux-ci complétement détruits. C'était donc là une preuve convaincante d'une génération spontanée... L'Académie des sciences, toutefois, rejeta avec la plus grande énergie cette conclusion; pour elle, la température de 110° à laquelle le foin avait été soumis, était complétement insuffisante pour déterminer la mort des germes d'infusoires contenus dans le foin, et l'expérience de M. Pouchet prouvait seulement qu'à 110° on ne désorganise pas les germes, les spores qui sont déposés sur le foin; en répétant, en effet, cette expérience avec des grains de froment, il fut aisé de se convaincre qu'ils ne perdent pas leur faculté germinative lorsqu'ils sont exposés dans une étuve sèche à la température de 110°. Si cette expérience de M. Pouchet n'eut pas tout le résultat qu'il en espérait, et si elle fut insuffisante pour faire changer d'opinion les naturalistes, persuadés déjà qu'il n'existe pas de générations spontanées, elle eut du moins l'avantage de remettre sur le terrain une question des plus curieuses et des plus dignes d'attention.

II

Étude micrographique de l'air atmosphérique. — Élégante méthode de M. Pasteur. — Recherches de MM. Pouchet, Joly et Musset. — Travaux récents de M. Lemaire.

Un chimiste habile, déjà connu par des recherches remarquables sur les formes cristallines de l'acide tartrique, qu'il avait liées de la façon la plus heureuse avec leurs propriétés optiques, M. Pasteur[1], déjà engagé depuis plusieurs années dans des travaux sur les fermentations qu'il attribue à des êtres vivants, végétaux et animaux, fut naturellement entraîné à compléter ses études en cherchant à découvrir l'origine des êtres organisés auxquels il attribue ces fermentations. Pour M. Pasteur, en effet, chaque fermentation est produite par un être organisé spécial; si le

[1] Voyez sur les travaux de M. Pasteur les deux premières années de l'*Annuaire scientifique*.

sucre se transforme en alcool, si celui-ci devient acide acétique, s'il se produit de l'acide lactique ou de l'acide butyrique dans un milieu fermentescible, c'est qu'un être organisé spécial préside à chacune de ces transformations; le rôle qu'attribue à ces petits êtres l'éminent chimiste de l'École normale est des plus variés; tandis que la levûre de bière agirait sur le sucre en lui empruntant de l'oxygène et déterminant ainsi sa décomposition en s'emparant d'un de ses éléments dont elle aurait besoin pour respirer, le (*mycoderma aceti*), ferment du vinaigre aurait pour mission de favoriser l'action de l'oxygène de l'air sur l'alcool. Il agirait donc à la manière du noir de platine qui, mis en contact avec l'alcool, le transforme en acide acétique... L'avenir décidera si toutes les opinions émises sur ces sujets délicats par M. Pasteur sont d'accord avec la réalité. Quoi qu'il en soit, il restait à élucider une question importante; il fallait trouver l'origine de ces ferments divers, savoir si la levûre de bière, si le mycoderma aceti sont engendrés par les matières albuminoïdes elles-mêmes, ou si, au contraire, ils proviennent d'êtres antérieurs semblables à eux.

Une étude approfondie de la question[1] conduisit M. Pasteur à une conclusion très-nette; pour lui, toutes les fermentations sont dues à des êtres microscopiques, végétaux et animaux qui sont amenés dans les liqueurs fermentescibles par l'air, et si on assiste parfois à des phénomènes qui font croire à des générations spontanées, c'est qu'on s'est mis incomplétement à l'abri de ces germes, de ces poussières subtiles, sources de toutes ces métamorphoses. Toute l'argumentation de M. Pasteur repose donc sur une étude très-soignée de notre atmosphère; il s'agit d'y découvrir, d'y caractériser ces germes des végétaux ou des animalcules ferments. Pour y arriver, M. Pasteur, à l'aide d'un écoulement d'eau, appelle un courant d'air dans des tubes, où sont disposées des bourres de coton poudre; celui-ci, comme chacun sait, se dissout dans un mélange d'alcool et d'éther, et peut, par conséquent, disparaître dans ce liquide, abandonnant les corpuscules variés qui se sont arrêtés dans le réseau serré que formaient dans les tubes ses fibres entrelacées; le résidu que laisse le mélange d'alcool et d'éther placé sous la lentille du microscope est étudié avec soin; ces poussières renferment, outre les débris de toutes nos industries,

[1] *Annales de chimie et de physique*, Tome LXIV, 1862.

des globules d'amidon, des particules minérales, et, enfin, des spores, des corpuscules arrondis, évidemment organisés. Les partisans de l'hétérogénie, M. Pouchet, M. Joly reconnaissent avec M. Pasteur que l'eau renferme tous les corpuscules qu'ils y découvrent comme lui ; mais le désaccord commence quand il s'agit d'apprécier le nombre des germes et des œufs ; tandis que M. Pasteur pense en rencontrer assez pour expliquer tous les phénomènes dont il est témoin ; M. Pouchet, au contraire, les regarde comme beaucoup trop rares pour exercer une action quelconque sur les phénomènes observés. « Comme on rencontre fortuitement dans l'atmosphère, dit le naturaliste de Rouen, des semences voyageuses, des cadavres d'animalcules et même jusqu'à des microzoaires vivants, il faut bien conséquemment qu'il s'y trouve aussi, de place en place, des œufs et des spores. Mais je le répète, le nombre de ceux-ci est tellement restreint, que leur rôle doit être regardé comme absolument nul dans les expériences d'hétérogénie, comme il l'est presque partout, où apparaissent des protoorganismes. »

De même que M. Pouchet ne représente pas seul les idées hétérogénistes, mais que MM. Joly et Musset, à Toulouse, M. Mantegazza, en Italie, et plusieurs autres savants viennent se ranger sous cette bannière ; de même M. Pasteur trouve aussi soit dans l'Académie des sciences, soit au dehors, de puissants secours, et tout récemment M. le docteur Lemaire a présenté à l'Institut plusieurs mémoires intéressants sur l'étude micrographique de l'air atmosphérique ; condensant sur des surfaces refroidies la vapeur contenue dans l'air de diverses localités, M. Lemaire recueille le liquide qui s'écoule le long des vases de verre et l'examine au microscope ; il y trouve, après quelques jours, toute une nombreuse population d'infusoires variés. M. Lemaire arrive aux mêmes résultats lorsqu'il observe le liquide provenant de la vapeur d'eau condensée au-dessus d'un étang de la Sologne, lorsqu'il examine l'eau recueillie dans l'air du Jardin des Plantes ; mais les animalcules ont été beaucoup plus rares dans l'air pris au-dessus de Romainville. « Ces recherches me paraissent prouver, ajoute le savant médecin, qu'en Sologne, où règnent les fièvres paludéennes, l'air contient une quantité considérable de microphytes et de microzoaires, tandis que celui de Romainville, pays très-sain, n'offre qu'une minime proportion de ces petits êtres. »

D'après M. Lemaire, l'air pourrait donc charrier les germes de tous ces animalcules que nous voyons se développer dans les infusions ; il y rencontre, comme M. Pasteur, des spores, des corpuscules arrondis en grand nombre évidemment organisés. On peut même aller plus loin, et affirmer que, quand bien même l'examen microscopique ne nous offrirait qu'un nombre de germes très-faible et nullement en rapport avec la quantité d'animalcules qui apparaissent dans les infusions, on ne pourrait pas encore affirmer qu'il existe des générations spontanées. Notre microscope n'est pas un instrument parfait ; il nous permet d'observer tout ce qui arrive à une certaine dimension, mais bien vite on atteint la limite de sa puissance, et on ne saurait affirmer que là où il ne nous montre rien, il n'existe rien en effet. Aussi, bien que l'étude de l'atmosphère présente une grande importance, puisque peut-être un jour, avec des instruments perfectionnés, elle conduira à une connaissance plus complète des effluves qui déterminent les maladies qui désolent certaines contrées, cependant elle laisse entre les affirmations de M. Pasteur et de M. Lemaire, les dénégations de M. Pouchet et de son école, l'esprit indécis ; et il faut chercher d'autres méthodes pour arriver à établir une opinion sur la génération spontanée.

III

Expériences de M. Pasteur sur les infusions. — Leur ensemencement avec les poussières de l'air. — Essais avec l'air des montagnes. — MM. Pouchet, Joly et Musset obtiennent des résultats différents de ceux de M. Pasteur. — Expérience de M. Pouchet sur la bière. — Résistance vitale des animalcules inférieurs.

Le problème est nettement posé : si les fermentations, les putréfactions sont dues à la présence d'êtres vivants apportés par l'air, si ces êtres vivants n'apparaissent jamais spontanément dans les liquides altérables tant que ceux-ci restent à l'abri des germes ; en détruisant ces derniers, en se mettant à l'abri de leur invasion, on devra pouvoir conserver indéfiniment intactes les substances faciles à putréfier, et les infusions seront toujours stériles.

La question à résoudre paraît donc assez simple ; elle se complique toutefois par les résultats contradictoires auxquels on arrive. M. Pasteur, à la rigueur, à l'exactitude expérimentale duquel ce travail convenait particulièrement, apporte sur ce sujet plusieurs

expériences remplies d'intérêt. Quelques-unes sont la répétition de celles de Schwann et de Schrœder ; d'autres entièrement nouvelles sont très-convaincantes. De l'eau de levûre de bière, liquide très-altérable, obtenu en délayant dans l'eau de la levûre et en filtrant ; de l'eau de levûre, disons-nous, est mêlée à du sucre et placée dans un ballon, elle est portée à l'ébullition de façon à tuer tous les êtres vivants qu'elle peut renfermer, la vapeur sort du ballon avec force, on éteint alors le feu et on laisse rentrer dans le ballon de l'air qui se calcine dans un tube de platine chauffé au rouge. Quand le ballon est refroidi, on le ferme en soudant le verre sur lui-même, puis on maintient ce ballon à une température de 25 ou 30° pendant plusieurs mois, sans y voir se manifester aucun être organisé. Les germes sont détruits par l'action de l'eau bouillante, par celle du feu ; l'infusion reste stérile. M. Pasteur peut même faire pénétrer, dans ses ballons renfermant de l'eau de levûre, de l'air non calciné et observer encore les mêmes résultats négatifs ; il suffit pour cela de filtrer l'air sur du coton, comme le faisaient MM. Schultze et Schrœder. Mais il n'en sera plus ainsi, si l'on prend ce coton imprégné des petits germes flottant dans l'air, et que par une manœuvre habile on le fasse pénétrer dans l'infusion jusqu'alors stérile sans permettre à l'air ordinaire de pénétrer : car on ne tarde pas à voir de petites touffes de moisissures sortir du tube à poussières ; après quelques jours, on étudie au microscope les matières organisées qui se sont produites, et on y découvre des infusoires et des mousses. Cette expérience est certainement des plus convaincantes ; nous détruisons les germes par le feu, nous les arrêtons dans un tampon de coton, l'infusion est stérile ; mais semons ces germes contenus dans la petite carde, dans le liquide jusqu'alors inaltéré, et la fermentation a lieu. La nature de ces êtres vivants varie avec les essais ; tantôt on rencontre une espèce et tantôt une autre, et bien que l'eau de levûre soit particulièrement propre à nourrir les globules qui déterminent la fermentation alcoolique, il est souvent arrivé qu'on n'a pu obtenir cette fermentation. Mais, dira-t-on, les fibres du coton elles-mêmes sont peut-être la cause déterminante de la naissance de ces moisissures et de ces infusoires ; elles agissent comme un cristal de sulfate de soude, ou même une pointe de verre dont l'ébranlement suffisait à faire cristalliser tout le sel retenu jusqu'alors dans la dissolution sursaturée, elles déterminent

la cristallisation organique comme ceux-ci, troublant l'équilibre d'une dissolution sursaturée, y faisait apparaître les cristaux qu'elle renferme. M. Pasteur répond à cette objection en remplaçant les bourres de coton par des bourres d'amianthe, de ce silicate soyeux qui résiste si bien à l'action du feu, qu'il expose encore à l'action de l'air, mais qu'il calcine avant de les faire tomber dans le liquide jusqu'alors stérile. « J'ai répété, ajoute M. Pasteur, un grand nombre de fois ces expériences comparatives, et j'ai toujours été surpris de leur netteté, de leur constance parfaite. Il semblerait, en effet, que des expériences de cette délicatesse devaient offrir quelquefois des résultats contradictoires amenés par des causes d'erreur accidentelles. Or, il ne m'est pas arrivé une seule fois de voir réussir les expériences à blanc, comme je n'ai jamais vu l'ensemencement des poussières ne pas fournir des productions organisées. »

On peut agir plus simplement encore. Un liquide fermentescible est placé dans un ballon dont le col est plusieurs fois recourbé sur lui-même, on porte le liquide à l'ébullition, puis on laisse refroidir. L'air pénètre dans le ballon et entraîne avec lui les germes qu'il renferme ; mais ceux-ci, tombant dans le liquide encore chaud, périssent, et quand le ballon refroidi se trouve rempli d'air, il est à l'abri des poussières, car les petits mouvements qui peuvent se produire dans le fluide intérieur sont peu rapides, et l'air, pénétrant dans le tube, rencontre les courbures mouillées et y abandonne les corpuscules qu'il transporte avec lui. Entre les mains de M. Pasteur, ces expériences réussissent encore, et les résultats en sont tout à fait conformes aux précisions émises par la théorie panspermiste.

Si ce sont des germes, dit-elle encore, qui déterminent l'apparition dans les liquides fermentescibles des êtres organisés qu'on y observe, il est bien probable que tous les ballons qui renfermeront des liquides déjà altérables dont on aura tué les germes par l'ébullition, et dont l'air aura été chassé par la vapeur, ne présenteront pas de productions organisées quand on y laissera entrer l'air ordinaire, car partout et toujours celui-ci ne doit pas renfermer de germes, c'est encore ce que M. Pasteur observe. En 1860, il ouvre, après une grosse pluie, une série de quatre ballons privés d'air par l'ébullition ; après quelques jours, deux d'entre eux se couvrent de moisissures, les deux autres restent in-

tacts pendant toute une année ; cette expérience est répétée plusieurs fois avec des résultats analogues ; dans un air non agité, les germes ont sans doute eu le temps de se déposer et les ballons doivent être plus souvent stériles, c'est encore ce que l'observation vient confirmer ; le 14 août 1860, M. Pasteur ouvre dans les cours de l'Observatoire dix ballons contenant de l'eau de levûre de bière, et onze autres dans la cour de l'établissement ; tous les appareils sont refermés immédiatement après avoir reçu les uns l'air des caves, les autres l'air de la cour ; sur les dix premiers, un seul renferme une production végétale ; les onze autres, qui ont été ouverts dans la cour, ont tous fourni des infusoires ou des végétaux microscopiques.

Enfin il est probable que l'air des montagnes est plus pur que celui des villes, que les germes organisés y sont moins nombreux, et par conséquent que des ballons ouverts sur le sommet d'une haute montagne seront plus souvent stériles que ceux qui recevront l'air de la plaine. M. Pasteur, infatigable, emmène ses ballons d'abord au Jura, puis à Montanvert, près de la mer de glace, à 2000 mètres d'élévation ; sur les vingt ballons ouverts sur le Jura cinq seulement sont altérés ; enfin, sur les vingt ballons ouverts sur la mer de glace, un seul présente des productions organisées.

Toutes ces expériences sont ingénieuses, précises, elles sont dues à un savant habile, minutieux, elles entraîneraient la conviction si MM. Pouchet, Joly et Musset ne revenaient de nouveau à la charge, et n'affirmaient que les expériences qui donnent entre les mains de M. Pasteur des résultats si précis et si constants, conduisent entre les leurs à des conclusions opposées. M. Pouchet veut prouver que les infusions bouillies qui reçoivent de l'air purifié par tous les moyens que la chimie indique ne sont pas cependant stériles. Une de ses expériences, mal exposée, a suscité les critiques les plus vives et les plus justes. — Dans un ballon dont le col est disposé horizontalement on place de l'eau ; un petit tube renfermant une matière végétale susceptible de donner une infusion, est disposée dans le col du ballon ; le petit tube est fermé avec de la gélatine et de la baudruche ; enfin, au ballon est adaptée une série de tubes renfermant de la potasse caustique et des cardes de coton et terminée par le petit appareil connu sous le nom de boules de Liebig qui a été rempli d'acide sul-

furique concentré. — M. Pouchet commence par porter l'eau à l'ébullition ; puis il adapte sa série de tubes, il chauffe encore quelques instants et il assure que la vapeur passe au travers de ses tubes et traverse l'acide sulfurique concentré ; la figure qui dans le livre du savant directeur du Museum de Rouen représente l'expérience indique même ce jet de vapeur sortant de l'acide sulfurique. Ceci est tout simplement impossible ; la vapeur d'eau se combine trop facilement avec l'acide sulfurique pour pouvoir le traverser ; il est très-probable que M. Pouchet a exagéré le temps pendant lequel il a soumis pour la seconde fois sa liqueur à l'ébullition, celle-ci a duré une seconde ou deux, un peu d'air humide est arrivé dans l'acide sulfurique, l'a échauffé, quelques vapeurs d'acide sulfurique que M. Pouchet a pris pour de la vapeur d'eau se sont dégagées et l'ébullition a été arrêtée. — Telles sont sans doute les circonstances dans lesquelles cette expérience a peut-être été faite... laissons donc de côté cet essai si discutable, et examinons les autres expériences dans lesquelles M. Pouchet a fait passer l'air qui doit pénétrer dans les infusions dans un tube chauffé au rouge ; là encore il a obtenu des liqueurs fécondes où abondaient les moisissures et les infusoires ; est-ce là une génération spontanée. Pour admettre cette conclusion, il faudrait être certain que les spores ou les germes contenus dans la matière végétale placée dans le petit tube ont été tués par la vapeur qui a passé sur eux ; il faudrait être certain que la température de cette matière organique placée dans un tube fermé avec de la baudruche a été suffisante pour que toutes les spores, tous les ovules aient péri ; or, le mode d'opérer de M. Pouchet n'entraîne pas cette conviction, et l'esprit serait plus satisfait si on eût fait bouillir la matière végétable dans l'eau même où devaient apparaître les infusoires ou les mousses. Quand M. Pouchet prend cette précaution, ses infusions sont presque stériles, et ce n'est souvent qu'après cinq ou six mois d'attente que, dans un ballon fermé seulement avec un tube contenant de l'acide sulfurique, apparaît une moisissure[1].

M. Pouchet, aussi passionné pour sa cause que M. Pasteur pour la sienne, imite tous les essais de son contradicteur ; M. Pasteur assure que l'air des Alpes est pur et ne renferme pas de germes,

[2] *Nouvelles expériences sur l'Hétérogénie* (*Appendice*), p. 223.

que les infusions y demeurent stériles ; MM. Pouchet, Joly et Musset gravissent la Maladetta, y ouvrent des ballons convenablement préparés et les rapportent encore remplis d'organismes variés. Non content de répéter contradictoirement les expériences de M. Pasteur, les partisans de l'hétérogénie imaginent des essais nouveaux. Ce n'est pas de l'air, disent-ils, que viennent nos animalcules, en voici la preuve : dans un vase cylindrique on place un liquide facile à corrompre, une infusion de foin, le vase est recouvert d'une soucoupe renversée qui forme un toit protecteur ; au-dessus de l'éprouvette cylindrique ainsi fermée est placé un vase qui renferme de l'eau distillée, sa large ouverture béante permet aux germes atmosphériques d'y tomber librement. Après quelques jours, l'infusion pullule d'animalcules et de végétations diverses ; l'eau distillée, au contraire, est vierge de toute vie, le microscope n'y fait découvrir aucun germe ; mais, dira-t-on, cette eau distillée est impropre à la vie des animalcules ou des petits végétaux qui foisonnent dans l'infusion ; M. Pouchet prend alors quelques-uns des êtres vivants qui pullulent dans l'infusion et les voit vivre dans l'eau distillée elle-même. Cette expérience est-elle sans réplique ? Évidemment non, rien ne prouve que les germes n'étaient pas fixés sur le foin lui-même, qui les a peut-être apportés dans le liquide. Nous croyons d'autant plus, que cette objection est sérieuse, que nous avons fait nous-mêmes l'observation suivante : du foin est mis en digestion dans l'eau ; après deux jours de nombreux infusoires y apparaissent ; le même foin est mis à bouillir avec de l'eau pendant une demi-heure, il est exposé à l'air comme le premier, et cependant dans le même temps, rien n'y apparaît ; dans un cas les germes ont pu se développer ; dans l'autre, au contraire, ils ont été tués et l'infusion reste stérile pendant plusieurs jours. Ainsi, l'expérience de M. Pouchet ne prouve pas du tout qu'il y ait eu génération spontanée, elle tend à prouver seulement que ce n'est pas l'air qui apporte toujours les germes dans l'infusion, mais souvent aussi qu'ils sont introduits avec la matière altérable elle-même. M. Pouchet démontre encore que les germes ne proviennent pas toujours de l'air ambiant en exposant une infusion à l'action d'un courant d'air rapide, tandis qu'une autre partie de la même liqueur reste dans l'air au repos ; il voit les mêmes animalcules naître dans les deux infusions et en peut encore conclure que les germes flottant dans

l'air n'ont eu aucune influence sur le peuplement des deux infusions. Si M. Pouchet et ses partisans n'apportaient que des expériences semblables, la lutte ne serait ni longue ni difficile ; mais voici une autre épreuve bien autrement sérieuse. « Dans du moût de bière en ébullition depuis six heures, on plongea un flacon d'un litre de contenance, bouchant à l'émeri ; et après avoir été rempli de bière sous le liquide bouillant, il fut bouché avant d'en sortir. Six semaines après, le liquide contenait une énorme quantité de levûre de bière. Comme aucun spore végétal ne peut résister à une telle température, comme la moindre parcelle d'air intérieur n'a pu avoir accès dans le flacon, il faut bien que la levûre se soit formée spontanément dans celui-ci où rien n'a pu en introduire la semence. » Il faut donc ou qu'il y ait eu génération spontanée, ou bien que les globules de levûre, que les germes de ce petit végétal aient pu résister à la température très-élevée à laquelle ils avaient été soumis pendant un temps assez prolongé. M. Pouchet repousse absolument cette dernière hypothèse ; il assure que la levûre est une graine, que par conséquent elle ne provient pas d'un germe plus petit qu'elle, et, par conséquent, insaisissable, qu'aussitôt que de la levûre est en contact avec l'eau, elle se gonfle et devient alors parfaitement visible au microscope, que cette levûre n'existait pas dans le liquide au moment où il a été puisé dans la cuve du brasseur et que, par conséquent, elle a une origine spontanée.

« L'observation démontre, ajoute M. Pouchet[1], qu'il se forme dans la fermentation du cidre, comme dans celle de la bière, une très-notable quantité de levûre ; 500 grammes de cidre nous en ont parfois offert 1 gramme ; 500 grammes de bière, 5 grammes dans des vases qu'on avait placés dans un seul décimètre cube d'air.

« Or, en opérant dans ces circonstances, il est évident, et c'est un point que nul observateur n'oserait contester, que la levûre ne peut provenir que de trois sources : du liquide, de l'air ou de la genèse spontanée.

« Du liquide?.... mais c'est impossible ; car en employant du cidre ou de la bière filtrée à plusieurs reprises, ceux-ci ne peuvent

[1] *Nouvelles expériences sur l'Hétérogénie*, p. 190. Paris, V. Masson. 1864.

contenir aucun grain de levûre ; et d'ailleurs, s'il en existait, on les reconnaîtrait facilement et parfaitement dans la liqueur translucide sur laquelle on opère. On ne les y voit, au contraire, apparaître qu'après plusieurs jours ; et alors, au premier indice de leur apparition, le liquide se trouble.

« De l'air?... Mais si la levûre provenait de l'air, comme nécessairement celui-ci en posséderait une notable quantité, l'analyse chimique la signalerait facilement dans le décimètre cube de ce fluide employé dans l'expérience et elle reste muette à cet égard. Le microscope serait tout aussi puissant qu'elle, et il ne donne aucun indice de sa présence.

« Enfin, d'un autre côté, si cette levûre était en suspension dans l'air qui est en contact avec le liquide fermentestible, elle tomberait immédiatement dans celui-ci ; et comme elle se gonfle aussitôt qu'elle se trouve plongée dans l'eau quelques heures ou même seulement quelques minutes après que l'expérience serait commencée, ses vésicules apparaîtraient on ne peut plus ostensiblement dans le cidre ou la bière. Et cependant, durant plusieurs jours, il n'en existe pas la moindre trace, ni à leur surface ni à aucune profondeur.

« Bien mieux même, si, afin de prouver l'absence absolue de levûre dans l'atmosphère, on met avec le cidre ou la bière en expérience dans l'air confiné, un verre contenant simplement de l'eau distillée ; si l'on examine cette eau au moment où le liquide fermentescible s'est troublé et rempli de levûre, on reconnaîtra qu'elle a conservé toute sa pureté et qu'elle ne contient point un seul grain de levûre. »

On comprendra toute l'importance qu'attache à ces expériences M. Pouchet, si l'on se rappelle que pour lui la levûre n'est pas un végétal complet, mais la semence, la graine d'une plante verdâtre fort commune dans toutes les infusions qu'on voit notamment apparaître sur la farine qui se moisit, sur la colle de pâte et qui est connue sous le nom de *penicillium glaucum*. Ainsi M. Pouchet nie absolument qu'un globule de levûre puisse immédiatement en engendrer un autre ; il faut pour que les globules se multiplient qu'ils soient engendrés spontanément ou que le *penicillium glaucum*, arrivé à tout son développement, ait porté fruit.

Cette opinion toutefois est personnelle à M. Pouchet, et plusieurs naturalistes ne seraient pas éloignés de croire que les glo-

bules de levûre de bière ne puissent renfermer des germes plus petits capables de se développer à leur tour, de telle sorte que quelques globules primitifs suffiraient à en fournir bientôt un grand nombre. Si cette opinion était exacte, il suffirait, pour combattre M. Pouchet, de concevoir que quelques globules ont échappé à l'action de l'eau bouillante. Or, est-il bien certain que l'ébullition ait tué tous les êtres vivants de l'infusion d'orge? Ne peuvent-ils pas résister à l'action de l'eau bouillante? Leur petitesse même ne leur permet-elle pas d'échapper à l'action destructrice d'une haute température?

Duhamel rapporte qu'il a pu faire germer des grains de froment après les avoir exposés à une température de 110° centigrade. Spallanzani observa aussi que la graine de trèfle résiste à la température de l'eau bouillante; enfin, M. Pasteur a fait sur ce sujet plusieurs expériences précises; il se procure d'abord des spores de moisissures de mucédinées, en frottant délicatement un petit pinceau d'amiante préalablement calcinée sur les petites têtes de la moisissure qu'il veut étudier, il place ensuite ce pinceau dans un tube de verre qu'il glisse dans un tube plus large qui sera dans un bain d'eau ordinaire, d'eau salée, ou d'huile, portés respectivement aux températures de 100°, de 108° et de 120°; les spores résistent bien à ces températures élevées, mais il suffit d'une exposition d'assez courte durée à 130° pour enlever leur fécondité aux spores de ces mêmes mucédinés; on remarquera que les poussières de l'air qui peuvent aussi supporter une température de 120° sans cesser d'être fécondes deviennent stériles aussi à 130°, coïncidence qui, pour M. Pasteur, est une nouvelle preuve que les poussières fécondantes sont des spores de mucédinés.

Il faut remarquer toutefois que M. Pasteur a exposé ces spores à l'action d'une température sèche, qui peut ne pas agir de la même façon que l'eau bouillante; il est vrai que M. Pasteur reconnaît que dans certains cas la température de 100° est insuffisante pour se mettre à l'abri de l'invasion des infusoires. « Le lait soumis à l'ébullition de 100° et abandonné au contact de l'air chauffé, se remplit, après quelques jours, de petits infusoires dont nous venons de parler qui peuvent résister à la température humide de 100°. » Mais on conçoit ici facilement une autre explication du fait, si on voit des animalcules apparaître à 100° et ne plus se montrer quand on porte le liquide à une température plus élevée:

la raison peut être, sans doute, qu'on tue à 120 ou 130° ce qui aurait résisté à 100; mais elle peut être aussi que la température élevée a modifié la nature du liquide lui-même et lui a enlevé ses propriétés fermentescibles; tout le monde sait, en effet, que la chair cuite résiste mieux à la décomposition que la chair conservée à la température ordinaire.

M. Pouchet a senti, au reste, qu'il y avait là un point important à étudier, et un chapitre de l'ouvrage qu'il a publié récemment, est consacré à l'examen de la résistance vitale des organismes inférieurs.

Son mode d'opérer est ingénieux. Un liquide rempli d'infusoires est successivement soumis par fractions à des températures variées, et on détermine à quel degré de chaleur périssent les êtres qu'il renferme; il voit tous ces animaux périr quand il arrive à une température de 60°; pour quelques levûres, il faut l'élever jusqu'à 80° pour que les liquides deviennent stériles. D'autres, au contraire, se développent dans des liquides qui ont subi six heures d'ébullition. « Cette extraordinaire différence ne signifie pas que certains spores de levûre supportent, sans s'altérer, une température à laquelle les autres ne peuvent résister; mais tout simplement que les unes ne s'engendrent pas spontanément dans un liquide trop modifié chimiquement par l'action de calorique, tandis que les autres s'y développent normalement de toutes pièces. » M. Pouchet interprète l'expérience en faveur de son opinion; mais l'esprit conçoit cependant une autre hypothèse, et il ne me paraît pas plus difficile d'admettre que des spores résistent à 100°, que d'admettre que la levûre apparaît spontanément. — Remarquons de plus que la pratique ne compte pas sur cette production spontanée de levûre, et que si le vigneron laisse la fermentation du raisin s'opérer d'elle-même; si le fabricant de cidre n'ajoute rien au jus des pommes qui, l'un et l'autre, n'ont pas été chauffés : le brasseur, au contraire, est obligé d'ajouter au moût, pour qu'il fermente, de la levûre provenant d'une opération précédente.

Remarquons enfin qu'il est au moins singulier si les végétaux microscopiques naissent spontanément, si les infusoires ne dérivent pas de parents semblables à eux, il est singulier, disons-nous, qu'on retrouve toujours les mêmes formes végétales ou animales : c'est toujours le penicillium glaucum, c'est toujours le kolpode,

ou peu s'en faut ; on ne comprend réellement pas comment, s'il y a génération spontanée, on ne rencontre pas à chaque instant des formes nouvelles. Quoiqu'il en soit, les hétérogénistes ne sont pas ébranlés, ils ne sont pas non plus triomphants, puisque les faits peuvent s'interpréter par l'une ou par l'autre hypothèse ; les observateurs, on le voit, sont presque d'accord, c'est une différence de quelques degrés qui les sépare ; M. Pouchet accorde que, pour détruire la levûre qui apparaît dans le jus de groseille, il faut élever la température jusqu'à 80° ; M. Pasteur assure que le ferment lactique résiste jusqu'à 110° ; mais ce qui sépare complétement les deux adversaires, c'est l'interprétation ; l'un croit que l'élévation de température des infusions a pour effet de modifier la composition de la menstrue et de la rendre ainsi stérile, tandis que l'autre pense qu'il faut chauffer parfois jusqu'à 130° pour désorganiser et tuer les germes, les spores que l'air ou la matière fermentescible ont amené dans l'infusion.

IV

Commission nommée par l'Académie pour juger le débat. — On ne peut s'entendre. — Leçon de M. Joly. — Opinion de M. Frémy. — Observations de M. Coste. — Opinion de M. Chevreul. — La question reste encore indécise.

La question ne pouvait toutefois rester en suspens : il fallait évidemment tenter de nouveaux essais pour la résoudre. M. Pasteur avait montré que l'air ordinaire n'est pas toujours propre à déterminer la naissance d'infusoires ou de végétaux ; il affirmait qu'il est toujours possible de prélever en un lieu déterminé un volume notable, mais limité, d'air ordinaire, n'ayant subi aucune modification physique ou chimique, et tout à fait impropre, néanmoins, à provoquer une altération dans une liqueur éminemment putrescible. MM. Pouchet et Joly affirmaient, de leur côté, que ce résultat était erroné. « Je leur ai porté le défi, ajoute M. Pasteur, d'en donner la preuve expérimentale. » Ce défi fut accepté par MM. Joly et Musset, dans les termes suivants : « Si un seul de nos matras demeure inaltéré, nous avouerons loyalement notre défaite. » M. Pouchet, de son côté, accepte également le défi. « J'atteste, disait-il, que sur quelque lieu du globe où je prendrai un décimètre de cube d'air, dès que je mettrai celui-ci en contact avec une liqueur

putrescible renfermée dans des matras hermétiquement clos, constamment ceux-ci se rempliront d'organismes vivants. » Le jugement revenait naturellement à l'Académie ; malheureusement celle-ci nomma une commission dont presque tous les membres étaient déjà engagés dans la question et dont tous étaient ennemis de l'hétérogénie, à l'exception, toutefois, de M. Dumas, dont l'opinion était incertaine, mais sur les quatre autres membres, trois avaient déjà publié plusieurs travaux favorables à l'opinion de M. Pasteur, et si impartiaux qu'on les pouvait supposer, il était fâcheux qu'ils fussent membres d'une commission dans laquelle on pouvait craindre de les voir à la fois juges et parties. MM. Pouchet, Joly et Musset acceptèrent le jury devant lequel ils devaient répéter leurs expériences ; mais en adressant à l'Académie leurs remerciements, ils ajoutaient : « Si nous avons eu l'illusion de croire que les membres de l'Académie, qui ont si souvent et si nettement formulé leur opinion contre l'hétérogénie, ne pouvaient et ne devaient point faire partie de la commission, nous n'en sommes pas moins convaincus que nous trouverons chez nos adversaires, devenus nos juges, la haute impartialité qui doit seule présider à ce débat scientifique. »

Le jury étant accepté par les hétérogénistes, on pouvait espérer voir bientôt les adversaires chercher en commun et découvrir pourquoi, en répétant les mêmes expériences, ils arrivaient cependant à des résultats contradictoires ; une première fois l'Académie demanda aux naturalistes de Rouen et de Toulouse de vouloir bien fixer une époque pour commencer les recherches communes ; après quelques hésitations, ces messieurs déclarèrent qu'ils ne pouvaient être sûrs de réussir en hiver, et qu'ils désiraient attendre jusqu'au 1er juin. Ce terme arrivé, les hétérogénistes étaient à Paris ; malheureusement on ne put s'entendre sur les expériences qu'il fallait exécuter ; la commission demandait qu'on voulût bien répéter l'expérience capitale de M. Pasteur, et reconnaître la stérilité absolue d'une infusion chauffée et recevant seulement de l'air filtré ou même de l'air normal ; les hétérogénistes ne voulurent pas se soumettre à cette épreuve, et il faut bien reconnaître qu'ils évitaient le point principal du débat, car ils avaient assuré que si un seul de leurs ballons restait stérile ils s'avouaient vaincus. Ayant déserté le débat principal, et malheureusement la composition de la commission leur fournissait un prétexte, ils réus-

sirent à porter la question sur un autre terrain et à faire à l'opinion publique un appel qui devait être entendu. La question de la génération spontanée présente une certaine hardiesse de pensée, faite pour enflammer un auditoire plus enthousiaste que réfléchi; les partisans de l'hétérogénie se posaient en victimes, l'Académie n'avait pas voulu les entendre, ou les condamnait sans les connaître, ils criaient à la persécution; enfin, dans une leçon intéressante faite à la Sorbonne cet hiver, M. Pasteur, passionné pour la vérité, convaincu de l'exactitude de ses expériences, avait peut-être heurté quelques opinions; aussi, quand M. Joly pénétra le 24 juin dans le grand amphithéâtre de la Faculté de médecine rempli jusqu'aux escaliers, fut-il accueilli par une triple salve de chaleureux applaudissements. Le professeur de Toulouse, habile à manier la parole, était plus propre à passionner l'auditoire qu'à l'éclairer, et, si nous sortîmes de cette leçon brillante très-enchanté d'avoir entendu une parole facile, colorée, bien qu'un peu emphatique, nous partîmes plus charmé que convaincu.

Tous les savants parisiens n'étaient pas cependant systématiquement hostiles aux idées hétérogénistes, et si MM. Pouchet, Joly et Musset n'avaient pu s'entendre avec la commission académique pour imaginer une série d'expériences à faire en commun, M. Frémy eut le bon goût de les accueillir dans son laboratoire du Muséum et de répéter avec eux leurs principaux essais. M. Frémy a toujours professé au reste une opinion analogue à celle des hétérogénistes; il croit qu'une *matière hémiorganisée* comme la fibrine, l'albumine, le gluten, etc., est encore douée de vie lorsqu'elle est séparée du corps vivant à laquelle elle appartenait, et qu'elle peut, dans les évolutions qu'elle fait avant de se réduire en ses éléments, donner naissance à des êtres organisés. Les botanistes assistent souvent à cette organisation d'une matière d'abord amorphe et sans aucun caractère vital; ils voient dans l'hydrocytium, dans le vaucheri, de la matière verte remplissant d'abord tout l'intérieur d'un organe, se réunir peu à peu, s'agglutiner, puis former de petits corpuscules arrondis de $\frac{1}{40}$ de millimètre qui s'agitent dans le liquide, grossissent et finissent par reproduire un être semblable à celui dont ils proviennent.

Il était très-intéressant de voir MM. Pouchet, Joly et Musset répéter au Muséum leurs principales expériences sous les yeux de

M. Frémy, car aucun de ces messieurs n'étant chimiste de profession, on pouvait toujours craindre qu'ils ne fussent un peu malhabiles à manier tubes et cornues ; ces expériences que nous avons été assez heureux pour suivre nous-mêmes sont de nature à jeter, dans l'esprit le plus affermi dans les doctrines panspermistes, des doutes sérieux.

Pour ne pas accabler le lecteur de détails, nous citerons seulement une expérience capitale dont nous avons eu sous les yeux les résultats ; un ballon renferme de l'eau, de la viande et des haricots ; il est porté à la température de 100° pendant une demi-heure ; la vapeur sort avec énergie d'un tube contourné ; au moment de l'ébullition, on fait pénétrer une bourre de coton dans l'extrémité du tube élargie pour la recevoir, et on laisse rentrer l'air. Cette expérience, faite à bien des reprises différentes par M. Pasteur, toujours négative entre ses mains, donne cette fois des résultats complétement différents ; l'infusion, après quelques jours, est peuplée d'infusoires que nous avons vus s'agiter sous le microscope.

Il est difficile ici de se faire une opinion ; il est certain qu'on a opéré avec toute la bonne foi imaginable, avec toute l'habileté requise, et cependant on arrive à un résultat complétement opposé à celui qu'avait annoncé M. Pasteur. Faut-il donc conclure que si l'eau de levûre sucrée que M. Pasteur a employée dans la plupart de ses essais est restée stérile, c'est qu'elle était par elle-même très-peu féconde, et qu'en opérant comme les hétérogénistes avec des infusions on obtiendrait des résultats différents. Faut-il croire, au contraire, qu'en prolongeant pendant une demi-heure l'ébullition d'une menstrue complexe comme celle qu'avait employée M. Frémy, on ne tue pas les germes aussi sûrement qu'en se servant, comme le fait M. Pasteur, d'une liqueur limpide ?

Il est impossible aujourd'hui de faire à ce sujet une réponse affirmative, et, de même qu'après avoir résumé les travaux relatifs à la micrographie atmosphérique nous laissions le lecteur en suspens, de même encore ici les résultats des expériences sont tellement contradictoires, qu'il nous faut rester dans le doute. Les deux méthodes précédentes ayant été impuissantes, on pourrait craindre que le débat ne se terminât laissant la bataille indécise quand M. Coste reprit le combat en le portant sur le terrain de l'embryogénie.

Pour M. Pouchet, la génération des microzoaires ciliés dont on peut suivre les mouvements rapides dans une infusion de foin, est, pour ainsi dire, le dernier effort de l'hétérogénie. D'abord, sur la surface du liquide qui renferme la matière fermentescible apparaît une couche de moisissures : c'est là la *couche proligère* qui doit engendrer les infusoires et notamment les kolpodes abondants dans les infusions de foin. Il fait, pour montrer l'importance de cette membrane, une expérience qu'il considère comme capitale. « Je prends, dit-il, un verre à expérience et je le remplis d'une macération filtrée propre à engendrer de gros microzoaires ciliés. Je prends ensuite une cuvette en cristal, à fond très-plat, et j'y verse une égale quantité de la même macération qui remplit le verre. Celui-ci est ensuite placé au milieu de la cuvette. Le tout est mis enfin sous une cloche plongeant dans l'eau pour modérer l'évaporation. Après quatre ou cinq jours, par une température de 20° en moyenne, le verre présente une membrane proligère épaisse et remplie de microzoaires ciliés. La cuvette, au contraire, n'offre qu'une membrane proligère à peine apparente, arachnoïde et ne contient aucun microzoaire cilié. Si les œufs tombaient de l'atmosphère, comme le prétendent les panspermistes, il n'y aurait pas de raison au monde qui pût faire que dans la même portion d'air le verre en soit constamment rempli et la cuvette jamais. Celle-ci, même à cause de sa surface bien autrement étendue, devrait en récolter infiniment plus. Si dans le verre il y a des microzoaires ciliés, cela tient à ce que dans l'étroite surface qu'offre le liquide, les cadavres des monadaires et les vibrioniens ont pu former une membrane proligère assez compacte pour devenir un stroma. Si, au contraire, dans la cuvette, il n'y en a jamais un seul, cela tient à ce que la surface du liquide étant énormément plus considérable, ces mêmes cadavres ne forment qu'une membrane excessivement mince, arachnoïde et qui ne s'élève point à la puissance d'un stroma proligère. » Nous avons tenu à citer textuellement l'opinion de M. Pouchet sur l'importance de ce *stroma*, de cette couche de matières déjà altérées dans laquelle les kolpodes doivent prendre naissance, car c'est sur cette opinion que roule toute sa discussion avec M. Coste. « Si la pellicule formée à la surface de l'eau dans laquelle on a fait macérer du foin, dit avec raison M. Coste, y est réellement la gangue génératrice des infusoires ciliés, ces infusoires ne doivent apparaître dans le

liquide qu'après la formation de cette pellicule ; or, j'en rencontre et en abondance au début même de l'expérience, c'est-à-dire trois jours avant la formation du prétendu stroma proligère. Ils ont donc une autre origine. » Cette origine, le savant professeur du collége de France la découvre dans le foin lui-même, dont les brindilles seraient, d'après M. Coste, souvent très-riches en œufs et en *kystes* d'infusoires.

Toutes les personnes qui ont placé sous la lentille du microscope des infusoires n'ont pas tardé à les voir prendre un mouvement giratoire au moment où le liquide s'évapore. M. Coste assure qu'à ce moment ils s'enkystent ; « ils se mettent à girer sur place, ils se courbent en boule et continuent cette giration jusqu'à ce qu'une secrétion de leur corps se soit coagulée autour d'eux en une membrane enveloppante : ils s'enkystent en un mot ; alors ils deviennent complétement immobiles dans leur enveloppe, comme un insecte dans son cocon. » M. Coste voit ensuite ces kystes se diviser en deux, quatre et douze segments d'où résultent autant d'individus nouveaux. — Il y a ainsi, d'après M. Coste, des kystes de multiplication, mais il existe encore des kystes de conservation. Quand les animalcules ont cessé leur mouvement giratoire, ils peuvent être impunément desséchés, et la dessication n'est plus la mort, car, si on leur rend de l'eau, ils se remettent en mouvement. — M. Coste explique par ces deux observations le peuplement des infusions ; ajoute-t-on du foin dans l'eau, aussitôt les kolpodes enkystés se raniment, les germes des kystes de multiplication usent leur enveloppe et des êtres nombreux ne tardent pas à pulluler dans le liquide.

M. Pouchet, dans les notes qu'il adressa à l'Académie en réponse aux observations de M. Coste, ne nie pas l'apparition des microzoaires aux premiers moments où une matière végétale est mise dans l'eau ; mais il affirme que ces infusoires sont très-peu nombreux, très-rares, et qu'ils n'ont aucune influence sur le véritable peuplement de l'infusion, qui a lieu plusieurs jours après. Au reste, M. Pouchet s'en rapporte aux expériences où il a obtenu un grand nombre d'infusoires dans des macérations de foin préalablement bouillies, et où, par conséquent, les kystes, les germes avaient dû être détruits. Les observations de M. Coste, intéressantes pour l'histoire des infusoires, ne sont donc pas encore de nature à décider la question ; toutefois, elles donnèrent lieu, à l'Académie-

mie des sciences, à quelques observations de M. Milne Edwards et de M. Chevreul qui indiquent peut-être la voie dans laquelle se rencontrera la solution. L'illustre chimiste du Muséum a constaté depuis longtemps que de l'albumine, du blanc d'œuf préalablement desséché, ne se cuit qu'avec une extrême lenteur, tandis qu'au contraire il est facilement coagulé quand il est à l'état normal. De ce fait observé depuis longtemps, M. Chevreul tire plusieurs conclusions importantes : 1° c'est qu'un animal dont les liquides sont coagulables par une température de 72 à 75°, exposé à l'état vivant à cette température, périt indubitablement ; 2° c'est qu'un animal identique au premier, séché lentement à une température insuffisante pour coaguler ses fluides et les désorganiser, pourra, après la dessication, revenir à la vie : telle est l'explication du fait que présentent les animaux cités. On comprend donc comment Doyère avait pu, il y a quelques années, prouver que les tardigrades et les rotifères, préalablement desséchés, résistent aux effets d'une élévation de température qui les tue quand ils sont hydratés. Ainsi, nous rencontrons là le véritable nœud de la discussion ; le point essentiel qu'il s'agit d'éclairer par de nombreuses observations est celui-ci : *Quelle est la résistance vitale des animalcules secs et enkystés, à quelle température peut-on être certain de tuer tous les spores des levûres?*

Peut-être découvrira-t-on dans ces essais une explication de tous les faits observés, soit par M. Pouchet, soit par M. Fremy, soit par M. Pasteur, soit par M. Coste. Si l'ébullition ne tue pas à coup sûr les germes, les spores, les infusoires enkystés, on comprend très-bien qu'on les rencontre dans des macérations de foin préalablement bouillies ; les animalcules encore humides et qui peuvent se mouvoir presque aussitôt qu'ils sont plongés dans l'eau, sont tués sans doute et les infusions sont d'abord stériles ; tout le monde peut le constater, comme nous l'avons fait nous-même. Mais les kystes, les germes résistant à l'ébullition, l'infusion peut se peupler quelques jours plus tard, quand ces kystes sont usés, que les spores ont germé. M. Pouchet, il est vrai, nie complétement la reviviscence des animaux chauffés à 100° ; mais les expériences de Doyère méritent confiance cependant, puisqu'elles ont été répétées par MM. Gavarret et Broca, et qu'une commission académique a constaté leur exactitude.

Ainsi, nous le répétons, là est pour nous le nœud du débat, et la question des générations spontanées doit être abordée par l'étude de la résistance vitale des animaux inférieurs.

Nous avons mis, autant qu'il a été en nous de le faire, sous les yeux du lecteur, tous les éléments de cette grave question. Peut-on aujourd'hui se prononcer d'une façon absolue? Nous ne le pensons pas. Nous avons commencé sans parti pris, cherchant à nous faire une opinion à mesure que les faits se déroulaient devant nous ; au moment de finir, nous restons indécis, et, à notre avis, il faut attendre encore avant de clore le débat. Malgré le désir bien naturel qu'a l'esprit d'arriver à une conclusion précise et de trancher nettement dans un sens ou dans l'autre, nous sommes heureux de voir cette grande question encore indécise. Pour peu qu'on ait étudié la marche que suit l'esprit humain à la recherche de la vérité, on est frappé de le voir presque toujours avancer et acquérir des connaissances solides en poursuivant des chimères. Les alchimistes voulaient métamorphoser les métaux vulgaires en or ; ils cherchaient la poudre de projection, l'élixir de longue vie ; ils espéraient découvrir le secret de la santé et de la richesse ; ce brillant mirage soutenait leur courage ; et quand lassés, épuisés, de cette course qui dura cinq cents ans, ils s'arrêtèrent haletants, ils avaient, chemin faisant, récolté tant d'observations, accumulé tant de faits, que Lavoisier n'eut qu'à toucher du bout de sa baguette ce pêle-mêle de richesses pour en faire sortir toute rayonnante de force et de jeunesse la chimie moderne.

Que les naturalistes n'éprouvent donc aucune impatience en voyant revenir cette immense inconnue qui préoccupera toujours les esprits élevés, l'origine de la vie sur la terre ; qu'ils ne désespèrent pas d'arriver un jour à éclairer ce mystère : car l'espoir de résoudre le problème le plus élevé qui soit posé à l'humanité les soutiendra dans leurs recherches, et si un jour ils l'abandonnent ce ne sera certainement pas sans avoir recueilli une ample moisson de faits nouveaux.

P.-P. Dehérain.

III

MIGRATIONS DES VERS INTESTINAUX

I

Découverte des parasites à migrations. — M. van Beneden. — Régularité des pérégrinations des helminthes. — Prodigieuse fécondité ; l'individu sacrifié à l'espèce. — Installation du parasite et de sa descendance.

On sait, pour ainsi dire de tout temps, que certains animaux vivent aux dépens de certains autres ; mais l'on ne se doutait pas, avant les belles recherches des helminthologistes modernes, qu'un grand nombre de parasites n'arrivent à l'âge adulte, qu'après avoir revêtu successivement plusieurs formes, et que les mêmes animaux changent de milieu à chaque métamorphose et passent d'un hôte à l'autre, non d'une manière accidentelle, mais bien d'après des lois fixes.

C'est seulement à dater de l'époque de l'apparition du mémoire de M. Steenstrup sur la génération alternante (1842) que commence la longue série des découvertes relatives aux moyens de transmission et de propagation des vers intestinaux. La théorie de l'illustre professeur de Copenhague fut, comme on sait, accueillie dès sa naissance avec cette grande faveur qui s'attache à toutes les œuvres d'un mérite incontestable ; la nouveauté du sujet, l'importance des faits, l'originalité et la haute portée des vues émises par l'auteur, suscitèrent de toutes parts d'ardentes recherches : un grand nombre de naturalistes travaillèrent à l'envi sous l'impulsion donnée par le savant danois et chacun sembla avoir pris à cœur d'apporter sa part de faits à l'appui de la nouvelle théorie embryogénique.

Parmi ces investigateurs se distinguent surtout MM. Küchenmeister, von Siebold et van Beneden. Il ne fallait rien moins que le talent de ces auteurs pour porter la lumière dans cet arcane alors si obscur et si inintelligible de l'histoire des vers migrateurs. M. le docteur Küchenmeister, le premier, fit des expériences directes (1851) pour observer les migrations et les

transformations des vers à vessie ou cysticerques[1] en ténias[2]; l'auteur du *Manuel d'Anatomie comparée*, M. von Siebold, réunit dans son traité sur les vers rubannés et vésiculaires, ainsi que dans les nombreuses publications qui l'ont suivi, une multitude d'observations pleines de sagacité et coordonnées avec l'esprit philosophique le plus large ; enfin arriva M. van Beneden, dont le mémoire sur les vers intestinaux, couronné par notre Académie des sciences, est sans contredit le document le plus important qui ait jamais paru sur l'histoire des parasites migrateurs[3]. Au nombre des auteurs qui ont confirmé les faits essentiels par leurs études particulières, nous devons compter M. le Dr Davaine, bien qu'il ait, dans son savant *Traité des Entozoaires*, étudié la question plutôt au point de vue médical qu'au point de vue zoologique, — MM. Wirchow et Leuckart qui nous ont fait connaître les métamorphoses et les migrations des trichines des muscles, — enfin M. Lafosse, professeur à l'école vétérinaire d'Alfort, MM. Paul Gervais, de Filippi, Baillet, etc.

Ce que M. le docteur Küchenmeister a fait sur les parasites analogues au ténia (Cestoïdes[4]) M. van Beneden l'a fait pour ceux qui se rapportent au même type que les douves (Trématodes[5]). C'est au savant naturaliste de l'Université de Louvain que revient l'honneur d'avoir établi le premier en règle que les vers parasites changent régulièrement de milieu. Avant lui, on ignorait complétement comment des individus d'une structure extrêmement simple, très-vifs et semblables à des infusoires se convertissent en douves. De plus, on était loin de se douter que cette

[1] *Cysticerque*, queue en forme de vessie (κύστις, vessie; κέρκος, queue).

[2] Le ver solitaire est une espèce de ténia (ταινία, bandelette, ruban).

[3] Ce beau travail, qui a remporté en 1853 le grand prix des sciences physiques, a été publié en 1858 comme supplément aux *Comptes rendus* de l'Académie des sciences.

[4] Κεστός, ceinture; εἶδος, forme

[5] Vers aplatis qu'on trouve souvent en abondance dans le foie des moutons et des oiseaux aquatiques.— Τρηματόεις : percé d'orifices. Cette étymologie se rapporte à l'existence chez ces animaux de ventouses multiples qui semblent comme autant de bouches. C'est d'après le nombre et la disposition de ces organes qu'on a divisé le groupe des trématodes en monostomes (στόμα, bouche), distomes, amphistome, etc. La douve est une espèce du genre distome. La taille de ces vers varie en longueur de 2 à 3 millimètres et peut atteindre chez les plus grands 14 millimètres en largeur.

transformation s'accomplissait à travers plusieurs générations agames et au sein de plusieurs milieux successifs. Personne n'avait songé à suivre pas à pas ces parasites dans toutes les phases de leur évolution et chez leurs différents patrons jusqu'à leur maturité sexuelle. Les faits importants dont ce patient observateur a ainsi enrichi la science ont beaucoup contribué à faire disparaître de la zoologie un mystère de plus, et l'on peut dire qu'aucun doute n'est plus aujourd'hui possible sur le curieux phénomène de la transmigration.

Ainsi certains vers ne parcourent les premières phases de leur existence que dans tels groupes d'animaux qu'ils abandonnent ensuite pour choisir de nouveaux patrons vivant dans des conditions différentes, et ils quittent encore quelquefois ces derniers, comme cela arrive chez les douves, pour se loger ailleurs. Parmi ces parasites qui changent forcément de milieu, il en est plusieurs qui mènent une existence tout à fait indépendante à une certaine époque de leur vie, soit sur la terre, soit dans l'eau, et cette période de liberté, ils l'emploient à la recherche d'une prison vivante. Mais quelle que soit la multiplicité des milieux habités successivement par les vers, si les premiers hôtes servent au développement de leur jeune âge, les derniers seuls leur fournissent un milieu qui leur permette d'atteindre leur développement complet, et, à tel gîte correspond toujours nécessairement telle manière de vivre et telle forme du ver.

Comment ici ne pas admirer la prévoyance de la nature, et n'être pas émerveillé du soin avec lequel cette sublime ouvrière a coordonné les différentes parties de son œuvre : sous leur première forme, les parasites en question résident toujours chez un animal devant servir de pâture à un autre et précisément à celui où ils doivent achever leur développement. Ainsi des vers qui habitent un herbivore, par exemple, lorsqu'ils sont arrivés au terme d'évolution qu'ils ne peuvent dépasser dans ce milieu, n'ont plus absolument qu'à attendre que leur hôte, mangé par un carnassier, cède à celui-ci les vers qu'il héberge ; de telle sorte que l'introduction du ver dans son nouveau gîte et par suite son arrivée à l'âge adulte, sont assurées par cette disposition ingénieuse, que la première station se fait dans la proie même du nouvel hôte. La régularité qui préside ainsi aux transmigrations fournit même une manière remarquable de déterminer la pâture de tel animal :

on peut assurer, par exemple, que les bécassines se nourrissent de lymnées, car dans leur tube digestif habite une certaine espèce de douve qui provient, d'une manière indubitable, de la transformation des larves enkystées dans ces mollusques.

Comme on le voit, indépendamment de leurs vers propres, plusieurs animaux, surtout ceux qui se nourrissent de matières végétales et servent d'aliments aux carnivores, nourrissent encore des vers qu'ils ne doivent pas garder et qui ne deviendront jamais adultes tant qu'ils resteront chez eux. C'est ainsi que le lapin nourrit tel cysticerque pour le compte du chien ; la souris tel autre ver vésiculaire pour le chat ; le mouton, le cœnure[1] du tournis pour le loup et le chien.

Mais le ver parasite, devant aller à la recherche de son hôte, relativement rare et peu facile à rencontrer, présente évidemment peu de chances de survivre : aussi est-il obligé, pour maintenir l'équilibre, de pondre, non pas des centaines, mais bien des milliers d'œufs ; mais ce n'est pas à augmenter le nombre des œufs que se borne la sollicitude de la nature : comme, en raison des nombreux dangers qui assaillent les jeunes larves, ces milliers d'œufs pourraient ne pas suffire pour assurer la conservation de l'espèce, la reproduction agame[2] s'unit alors souvent à la reproduction sexuelle : dans beaucoup de cas, en effet, l'embryon se multiplie lui-même avant d'atteindre l'âge adulte ; il donne naissance, par une sorte de bourgeonnement intérieur, ou bien par scissiparité, c'est-à-dire en se divisant spontanément en plusieurs tronçons, à un nombre plus ou moins considérable d'embryons plus rapprochés de l'organisation adulte. Ces nouveaux individus ne parcourent pas les mêmes phases d'évolution que l'embryon primitif : « Ils viennent au monde moins jeunes, dit M. van Beneden, et ils sautent le premier âge : c'est l'enfant qui naît adolescent et qui a été mis au monde par une mère encore à la mamelle. » Souvent même il existe des embryons de deuxième et de troisième ordre, petits-fils et arrière-petits-fils de l'embryon sorti de l'œuf ; et comme ces générations successives forment autant de termes d'une progression géométrique rapidement croissante jusqu'à la génération

[1] *Cœnure*. Le cœnure est un ensemble de cysticerques ayant une queue vésiculaire commune : κοινός en commun ; οὐρά queue.

Agame, sans sexes, ἀ priv. ; γάμος mariage.

finale, il arrive que d'un seul œuf sortent en réalité des milliers d'adultes.

Une fécondité aussi prodigieuse réclame nécessairement un grand développement des organes générateurs. Ceux-ci envahissent en effet toute la cavité du corps de ces parasites qui semblent n'exister que pour se reproduire ; et l'on pourra juger combien chez ces singuliers animaux la vie individuelle est sacrifiée à l'espèce, lorsqu'on saura que l'animal adulte se dégrade souvent au point de devenir un véritable sac à spermatozoïdes et à œufs, et de ne plus jouer le rôle que d'une machine à dissémination.

Lorsqu'il a eu la chance de naître, le ver migrateur se trouve en présence de mille autres difficultés : il faut qu'il s'installe lui et sa famille future, et nous ne saurions mieux faire pour exposer toutes les péripéties de son existence aventureuse, que de laisser parler M. van Beneden lui-même : « Pour vivre, il faut que l'animal trouve son gîte et s'installe dans sa cabane ; c'est une citadelle vivante dont chaque parasite doit faire le siége. Si l'assiégeant a réussi dans l'assaut, chaque assiégeant engendre à lui seul une armée et toute la place est envahie. C'est le cheval de Troie qui cache ses soldats dans son flanc. Ainsi le premier embryon qui parvient à sa destination met au jour une et quelquefois plusieurs générations, et ces générations, nées dans la place, ne devant plus faire le siége, sont complétement dépourvues des organes propres à la locomotion et à l'assaut ; ne devant plus changer de milieu, elles n'éprouvent pas d'autres besoins que ceux de la nutrition et de la perpétuation. Ce n'est pas tout, il y a souvent un second siége à faire, car ce n'est pas toujours dans cette première place que l'espèce prend ses attributs sexuels. A cet effet, une nouvelle génération agame surgit de la précédente et porte des organes de locomotion comme la grand'mère. Si cette nouvelle génération s'introduit à son tour dans la seconde place, chaque individu se débarrasse de ses appareils de siége et se loge de manière à attendre patiemment la fin de sa mission. Une fois casé dans sa nouvelle demeure, son rôle change entièrement : ce soldat si actif et si plein de vie s'endort au fond de son kyste et ne se réveille que lorsque sa prison vivante, c'est-à-dire l'hôte qui l'a hébergé, est dévorée par un autre animal. » Dès qu'il est mis en liberté par l'action dissolvante du suc gastrique s'exerçant exclusivement sur les tissus de son mal-

heureux patron, le parasite s'occupe de chercher dans son nouveau séjour le gîte le plus convenable; et une fois installé, il achève rapidement son évolution et acquiert enfin les organes sexuels qui le rendront apte à faire sortir de ses flancs une nouvelle armée.

Ces diverses stations où l'on voit séjourner le même parasite ne se succèdent pas dans un ordre quelconque : peu de latitude est laissée au ver ; il ne peut impunément changer l'itinéraire qui lui a été assigné. Malheur à lui s'il s'égare, s'il va s'établir sur un sol inhospitalier, et si, ayant trop hâte d'achever son voyage, il se dispense de s'arrêter à l'une quelconque des stations qui sont sur sa route. Malheur aussi à lui si l'hôte provisoire qui doit lui servir de véhicule pour entrer dans un autre meurt de sa mort naturelle, car alors l'évolution du parasite est arrêtée dans son cours.

II

Parasites migrateurs du groupe des trématodes. — Caractères des trématodes. — Organisation. — Perfection de l'appareil reproducteur. — Faits curieux de génération. — Formation des œufs. — Le nombre des œufs en raison inverse de leur perfectionnement. — Développement de l'embryon. — Phases successives d'évolution et migrations correspondantes. — Expériences de M. van Beneden.

Les parasites migrateurs, dont l'histoire est connue, se rapportent aux trois groupes de vers qu'on désigne sous le nom de trématodes (ex. : douves du foie du mouton et des mollusques), de cestoïdes (ex. : ténia) et des nématoïdes[1] (ex. : trichine des muscles). Nous nous proposons de passer successivement en revue les faits les plus dignes d'attention que nous présentent ces différents êtres, en commençant par les trématodes, c'est-à-dire par les parasites dont les pérégrinations sont les plus longues et les plus variées.

Et d'abord, qu'est-ce qu'un trématode? Si nous invoquons l'étymologie, nous trouvons que c'est un animal percé d'ouvertures. Rudolphi, en imposant ce nom, faisait évidemment allusion aux nombreuses ventouses qui servent d'organes de locomotion et de fixation. On ne saurait certes mieux exprimer les affinités des trématodes qu'en disant que ce sont des hirudinées (sangsues)

[1] *Nématoïde*, qui ressemble à un fil (νῆμα, fil ; εἶδος, ressemblance).

dégradées, sans chaîne nerveuse apparente, sans appareil circulatoire et à tube digestif muni d'une seule ouverture; celui ci présente en outre cette autre particularité remarquable, qu'il se ramifie et envoie des prolongements dans les différentes parties du corps, de manière à suppléer aux organes de la circulation et à fonctionner comme appareil à la fois préparateur et distributeur du fluide nourricier.

Les trématodes sont hermaphrodites comme les sangsues, et leur appareil générateur double présente dans sa partie femelle une division du travail physiologique plus avancée que chez les animaux supérieurs. Les vésicules germinatives et les globules vitellins, parties essentielles de l'œuf et qui sont toujours réunies, s'y forment en effet dans des organes distincts auxquels M. van Beneden a donné les noms de germigène et de vitellogène. Mais, malgré la duplicité constante de l'appareil reproducteur, la nature obéissant à sa tendance de variété extrême, nous présente, au point de vue physiologique, tous les intermédiaires entre l'hermaphrodisme complet et la séparation des sexes.

D'abord, ces vers, de même que la plupart des hermaphrodites normaux, ne paraissent pas pouvoir se féconder eux-mêmes; on les trouve généralement par couples dans une même cavité. Ainsi le monostome accouplé (*monostoma bijugum*) se rencontre toujours en compagnie d'un autre individu dans la peau des gros-becs, et ces deux vers s'accouplent, se fécondent réciproquement et pondent tous deux des œufs. Quelquefois, il est vrai, la réciprocité peut ne pas être complète : ainsi, dans un même kyste de la cavité branchiale de la castagnole de la Méditerranée, on a rencontré un parasite très-gros, rempli d'œufs, à côté d'un autre grêle et sans œufs. Ces deux individus, qui appartiennent à l'espèce distome à cou filiforme (*distoma filicolle*), s'accouplent probablement sans agir à la fois tous deux comme mâle et comme femelle; ou bien il se peut que, de même que chez certaines espèces de mollusques, il y ait des individus qui sont plus ou moins mâles ou femelles, selon le plus ou moins grand développement de l'une ou de l'autre des glandes génératrices. En supposant même que le distome à cou filiforme fût hermaphrodite, nous n'aurions pas à nous étonner plus de cette exception que de celle bien autrement remarquable qui nous est offerte par le serran, le seul exemple d'hermaphrodisme dans la classe des poissons.

Les relations des individus entre eux, chez les trématodes, présentent souvent beaucoup de singularité. L'une des plus belles découvertes faites sur ces vers est celle du diplozoon (l'animal double) trouvé par M. Nordmann sur les branchies de plusieurs poissons d'eau douce : deux individus hermaphrodites, parfaitement identiques, sont soudés en croix l'un avec l'autre. Ce fait curieux suffirait à prouver la nécessité, chez les trématodes, de la coopération de deux individus pour la reproduction. Et, à propos de ces observations intéressantes, nous signalerons une forme d'hermaphrodisme tout à fait inattendue, et qui consiste en une union permanente des individus des deux sexes. Ainsi M. Bilharz a observé en Égypte un distome [1] en logeant un autre plus grêle dans une rainure pratiquée à sa face ventrale. Dans un groupe voisin des trématodes, le groupe des nématoïdes, il existe deux vers aussi remarquables sous le rapport de la conjugaison : chez l'hétéroure androphore, qui loge dans l'estomac des tritons, le mâle reste entortillé autour du corps de la femelle, après comme avant l'accouplement, et il n'y a jamais qu'un seul des individus qui contracte adhérence avec les parois du tube digestif de leur hôte; chez le syngame trachéen [2], découvert par Wiesenthal en 1799, le mâle n'est pas seulement accolé, mais soudé à la femelle, et assez intimement pour qu'on ne puisse les désunir sans déchirure.

Nous avons dit plus haut qu'il existait chez les trématodes un organe spécial pour la préparation des vésicules germinatives, et un autre pour celle des granules vitellins. Assistons maintenant à la formation des germes. Dès qu'une vésicule germinative est engagée dans le canal commun aux deux glandes, les globules vitellins, comme s'ils étaient appelés par une attraction énergique, se précipitent rapidement autour d'elle et s'y agglomèrent jusqu'à ce que le volume normal de l'œuf soit atteint. Les œufs se fabriquent ainsi sous les yeux mêmes de l'observateur. Chez les

[1] Cet helminthe habite de préférence les parois des veines. Sa longueur est de 7 à 10 millimètres.

[2] Ce singulier ver qui nous offre le premier exemple d'un accouplement permanent, loge d'ordinaire dans la trachée et dans les bronches des poules, des dindons et de plusieurs autres oiseaux. La longueur du mâle n'est que de 4 à 5 millimètres, tandis que celle de la femelle atteint 12 et même 15 millimètres.

trématodes supérieurs, l'appareil reproducteur s'enrichit d'un organe très-singulier et dont on n'a pas encore trouvé d'autre exemple : c'est une poche contractile (ootype ou moule des œufs) située à l'extrémité terminale de l'oviducte, et dans laquelle les germes s'arrêtent quelques secondes pour y être comprimés, malaxés en quelque sorte, et de façon à recevoir leur véritable forme.

Dans cette même classe des trématodes, on peut vérifier avec facilité ce fait général que le nombre des œufs chez une espèce est en raison inverse de leur perfectionnement. Chez les épibdelles, les udonelles, les diplozoons et les autres trématodes sans génération alternante, les œufs sont peu nombreux, mais énormes, revêtus d'une coque résistante et munis de longs filaments qui leur permettent de se réunir ensemble, comme une pelote, et de se fixer, soit à un corps étranger quelconque, soit à l'hôte approprié, lorsqu'il est à leur portée; de plus, l'embryon ne naît que lorsque tous ses appareils sont en pleine activité et qu'il peut pourvoir à son entretien dès ses premiers pas dans la vie. Chez les trématodes à génération alternante, et que M. van Beneden qualifie de digénèses (monostome, distome, etc.), les œufs sont, au contraire, très-petits, en nombre immense et de structure extrêmement simple. Les deux principaux groupes de trématodes présentent donc entre eux, à l'égard des produits de l'appareil femelle, exactement la même différence que les requins et les raies comparés aux autres poissons. Tandis, en effet, que ceux-ci pondent une grande quantité d'œufs, mais très-petits, très-simples, et qu'ils abandonnent à eux-mêmes, sans aucune protection, les premiers n'en produisent qu'un petit nombre et sont tout aussi certains de se perpétuer ; c'est que le grand volume de leurs œufs, leur enveloppe cornée résistante, leurs longs filaments d'attache, sont, en réalité, autant de conditions qui rendent moins aléatoire la propagation de l'espèce.

Cette multitude d'œufs pondue par le trématode digénèse est évacuée avec les fèces de l'hôte, et leur éclosion s'effectue ultérieurement; quelquefois, comme chez le monostome variable, l'évolution commence avant la ponte, dans l'intérieur même de l'oviducte. Le premier travail organogénique consiste dans la condensation du jaune, et l'embryon au premier âge n'est qu'un sac sans ouverture renfermant toute la masse vitelline et nageant

dans un liquide limpide jouant le rôle de fluide amniotique. Bientôt le corps se lobe, se couvre de cils vibratiles, et, dès ce moment, le jeune distome possède les principaux caractères de ce premier état agame que M. van Beneden désigne sous le nom de *proscolex*. Dans l'intérieur de ce proscolex ne tarde pas à poindre une sorte de vésicule allongée : c'est l'embryon de seconde génération, le *scolex*[1], qu'on commence à distinguer dans le sein de sa mère avant même que celle-ci soit née.

Les cils vibratiles dont le proscolex est couvert indiquent qu'il est destiné à mener une vie aquatique ; aussi l'éclosion n'a-t-elle jamais lieu que dans l'eau. La coque s'ouvre, et l'embryon, possédant tout à fait l'aspect d'un infusoire, s'en échappe pour se précipiter aussitôt dans le fluide qui l'entoure ; sous l'impulsion de ses nombreuses rames le jeune être se déplace en tournant sur lui-même, et il nage ainsi avec une rapidité tellement grande qu'on a souvent de la peine à l'observer. Son unique préoccupation est alors de trouver un gîte favorable au développement de la progéniture qu'il porte dans ses flancs ; cet individu cilié n'est pas, en effet, destiné à vivre ; sacrifié entièrement à l'espèce, il ne porte aucun organe qui puisse assurer son existence. Il est, à proprement parler, un simple véhicule ; lancé à l'aventure au milieu de son océan, il peut avoir la chance de rencontrer une terre hospitalière ; il y débarque alors la précieuse charge pour le salut de laquelle il a été créé, et, sa mission accomplie, il disparaît de la scène du monde organique.

Les individus de la deuxième génération, les scolex, rédies[2] ou vers jaunes, qui se sont développés par agamie dans le corps de l'individu infusoriforme, et qui ont été déposés par lui dans la cavité respiratoire des paludines, des lymnées ou d'autres mollusques aquatiques, sont, contrairement à leur mère, destinés à mener une vie sédentaire et à rester immobiles dans les tissus où ils ont été installés.

Il est intéressant de noter que ces vers jaunes, lorsqu'ils sont parvenus au terme de leur développement, diffèrent beaucoup entre eux, suivant les espèces de trématodes auxquelles ils se

[1] Σκώληξ, ver. Le proscolex est l'état qui précède immédiatement le scolex (πρό, avant).

[2] Ainsi nommés en l'honneur du naturaliste Rédi.

rapportent. Tantôt c'est un simple étui allongé où l'on ne peut distinguer aucun organe, tantôt le corps s'étrangle à peu de distance du bout antérieur, de manière à former une tête généralement très-mobile. Dans ce cas, il peut même exister un bulbe pharyngien et un cœcum représentant le canal digestif, car ces vers empruntent tous de la nourriture à l'animal où ils ont fait élection de domicile. Enfin si, dans certaines espèces, les vers jaunes sont tout à fait inertes et gardent toujours la même configuration, dans d'autres ils sont extrêmement agiles et passent en un instant par une multitude de formes.

Mais, quels que soient leurs caractères, le rôle des scolex est toujours le même : ils ne sont pas autre chose que des machines à multiplication, et toute leur vie consiste à se nourrir pour le développement de leur progéniture. Celle-ci ne tarde pas à apparaître : vers le milieu du corps de chacun de ces scolex se montrent plusieurs espaces transparents qui sont appelés à constituer les premiers linéaments des nouveaux embryons, mais qui ne se rapportent pas toujours à la phase d'organisation immédiatement supérieure, c'est-à-dire à celle qui correspond à l'individu désigné sous les noms de cercaire[1] et de têtard de distome. Souvent, en effet, ils sont semblables à leur mère, c'est-à-dire que le scolex primitif engendre de nouveaux scolex, lesquels sont destinés à en produire aussi ; on voit souvent plusieurs générations se succéder ainsi rapidement. Il n'est même pas rare de rencontrer chez les mollusques aquatiques des vers jaunes isolés, à parois distendues par plusieurs scolex secondaires développés dans leur intérieur, et, chez les plus grands de ceux-ci, une progéniture d'individus semblables à leur grand'mère et à leur mère non encore née. Il y a plus, indépendamment de cette multiplication endogène, les rédies se reproduisent encore en se divisant spontanément en deux ou trois parties vivant d'une manière indépendante. D'ailleurs, à voir le nombre vraiment prodigieux de vers jaunes qui habitent le même mollusque, on ne comprend pas qu'il y eût une larve ciliée, un proscolex pour chacun d'eux. L'arrivée à destination des embryons infusoriformes est, en effet, soumise à beaucoup trop de chances contraires pour qu'un aussi grand nombre puissent s'établir dans le même gîte. Mais, en compensation, un seul de ces proscolex

[1] Cercaire (κέρκος, queue).

atteint-il le port, que tout le corps de son hôte se trouve bientôt infesté, puisque d'une seule larve ciliée descendent par générations successives, endogènes ou scissipares, plusieurs centaines de larves semblables qui vont donner à leur tour naissance à des milliers de cercaires.

Ces cercaires, représentants de la troisième phase d'évolution des distomes, se développent de la même manière que les scolex secondaires ou tertiaires, engendrés par le scolex qui descend directement de l'individu cilié. On trouve souvent dans le même ver jaune des cercaires libres formées directement, à côté de scolex secondaires renfermant les uns une génération de scolex tertiaires, les autres une génération de cercaires semblables aux premières. Dans tous les cas, les embryons de troisième ordre s'annoncent par l'apparition, au milieu du parenchyme du scolex, de vésicules transparentes qui, aussitôt formées, manifestent le même besoin de multiplication que les autres productions embryonnaires de nos curieux parasites ; elles se fractionnent en plusieurs autres qui s'accroissent et se transforment isolément. Chacune de ces vésicules qui résulte ainsi de la scission des premières, montre, au bout de quelque temps, dans son intérieur, de fines granulations qui se condensent bientôt en noyaux de cellules : celles-ci se forment peu à peu et constituent, par leur accolement, une masse globuleuse qui grandit, s'allonge dans un sens, s'élargit à l'un de ses bouts et s'atténue à l'autre de manière à ébaucher déjà la forme de têtard. Au reste, le corps et la queue ne tardent pas à devenir parfaitement distincts par suite d'un étranglement qui s'opère vers le tiers postérieur du corps. Arrivé à ce point, l'embryon commence à acquérir ses ventouses et les divers appareils internes que possédera l'adulte, à l'exception toutefois de ceux de la reproduction.

A l'époque où les cercaires sont près de naître, la forme de leur mère est souvent méconnaissable : les parois du scolex sont, en effet, considérablement distendues. Amincies par la pression interne qu'exerce cette nombreuse progéniture, elles cèdent bientôt, éclatent et livrent immédiatement passage aux nouveaux individus, impatients de dépenser la grande somme de vitalité dont ils jouissent en ce moment. Ils se répandent dans l'eau et y nagent avec rapidité au moyen des flexions ondulatoires de leur queue, absolument comme un têtard.

Les cercaires mènent cette vie vagabonde [1] jusqu'à ce qu'elles aient rencontré l'hôte qui leur convient [2]. M. von Siebold a vu la *cercaire armée* pénétrer dans le corps des larves d'éphémères en perçant, à l'aide de son aiguillon, la membrane qui unit les anneaux de ces larves. Lorsque l'introduction s'est effectuée, la queue, qui a permis au ver d'aller à la recherche de sa nouvelle demeure, se flétrit et se sépare du corps ; quelquefois elle tombe au moment même de l'entrée : le ver devant désormais mener une vie sédentaire, cet organe ne doit plus être, en effet, d'aucun usage. Les piquants, qui ont facilité son invasion, partagent le même sort; on les trouve souvent détachés dans l'intérieur même du kyste, à côté du ver enroulé. Mais, lorque la cercaire, arrivée à l'âge adulte, sortira de sa prison, elle sera munie de nouveaux piquants qui seront utilisés par le distome pour cheminer et se fixer dans le tube digestif de l'oiseau, du poisson ou du mammifère qui aura avalé son hôte. Les taches pigmentaires, qui semblent jouer le rôle d'organes visuels, disparaissent également.

La cercaire, arrivée dans la cavité qui doit la loger, s'y fixe à l'aide de ses deux ventouses, et à peine y est-elle installée, que sa peau exsude un fluide visqueux qui se concrète, prend peu à peu une consistance membraneuse et finit par envelopper entièrement le ver. Cette prison, construite par l'animal lui-même, présente, comme on voit, beaucoup d'analogie avec le cocon des insectes, et, d'ailleurs, les métamorphoses que va subir la cercaire sont absolument de même ordre que celles qu'on observe chez les articulés supérieurs, puisque des deux côtés le travail le plus important qui s'opère dans le kyste ou dans le cocon est l'organisation de l'appareil reproducteur.

C'est pendant le temps que dure la vie errante de la cercaire, et son séjour à l'état de chrysalide dans les larves d'insectes aqua-

[1] Plusieurs observateurs ont rencontré des cercaires nageant librement dans les eaux douces et dans la mer.

[2] Swammerdam est le premier naturaliste qui ait parlé des cercaires comme d'animaux parasites : ceux qu'il trouva résidaient dans l'épaisseur de la peau de la paludine vivipare (espèce de mollusque aquatique). C'est à M. Steenstrup que revient l'honneur d'avoir annoncé pour la première fois (1842) que les cercaires, considérées jusqu'alors comme représentant une forme générique particulière, n'étaient pas autre chose que des larves de trématodes à la recherche de l'hôte où elles doivent se compléter.

tiques, que se forment chez le têtard distomien les premiers rudiments des organes sexuels.

Mais le développement complet de ces organes ne peut avoir lieu que dans l'intestin ou dans les annexes du tube digestif du vertébré aux dépens duquel le distome est appelé à mener sa vie adulte. Dès le quatrième jour de l'introduction, le canal intestinal se montre complet, et vers le douzième jour, l'appareil générateur est tout à fait développé : l'on y voit même déjà apparaître les premiers œufs, bien que le parasite n'ait pas encore atteint sa taille adulte.

Ce double fait de la transformation des cercaires agames en distomes sexués, et la coïncidence de cette transformation avec le changement d'hôte est aujourd'hui parfaitement acquis à la science, et cela grâce aux expériences de M. van Beneden. Un certain nombre de kystes trouvés chez les lymnées des étangs et renfermant des cercaires, furent introduits dans les aliments d'un canard domestique. Quatre jours après l'ingestion, l'intestin grêle se montra plein de distomes vivants jusqu'au milieu de sa longueur ; les kystes avaient été dissous par les agents digestifs. Tous les parasites étaient libres et en voie régulière de développement.

Un autre canard de la même race, nourri et élevé avec le précédent et auquel il ne fut administré que la nourriture habituelle, ne contenait absolument aucun distome. Le même observateur, ayant d'un autre côté plusieurs fois fait avaler les mêmes kystes à des grenouilles, reconnut que les cercaires étaient toujours évacuées sans se développer. C'est qu'évidemment le tube digestif des grenouilles se trouve être un sol inhospitalier pour l'espèce de cercaire employée.

III

Parasites migrateurs du groupe des Cestoïdes. — Caractères des cestoïdes. — Simplicité de leur structure. — Conditions de leurs migrations. — Nature des milieux habités. — Individualité de chacun des segments du corps. — Manière remarquable dont s'effectue la ponte. — Développement de l'œuf. — Métamorphoses de l'embryon et migrations correspondantes. — Expériences et observations diverses relatives au ténia ordinaire. — Cœnure du tournis. — Bothriocéphale, Tétrarhynque et Echinobothrium.

Nous allons maintenant passer en revue les faits non moins intéressants présentés par les vers analogues aux ténias ou vers so-

litaires, et qui se rapportent au groupe désigné sous le nom de *cestoïdes*.

A l'état adulte ces animaux ont un corps aplati, allongé, semblable à un ruban et composé d'un très-grand nombre de segments identiques. On ne trouve chez eux aucune trace des appareils de la digestion, de la circulation et de la respiration ; vivant au milieu de fluides déjà élaborés par leurs hôtes, un tube digestif leur aurait été inutile : aussi la nature, qui s'est imposé la loi de ne doter chaque animal que de ce qui lui est strictement nécessaire, ne leur a-t-elle dévolu que la faculté d'absorber directement par la peau les substances qui doivent les nourrir. Cette absorption s'effectuant sur toute la longueur du corps, un appareil circulatoire aurait été également superflu ; enfin, la fonction respiratoire qui règle toujours son activité sur celle des organes de mouvement ne pouvait exiger beaucoup de frais chez des animaux sédentaires, fixés et nécessairement peu mobiles : aussi se contente-t-elle de la surface cutanée et des faibles quantités d'oxygène dissoutes dans les fluides qui la baignent. Ces sortes de parasites, en raison des conditions spéciales où ils vivent, coûtent donc très-peu à la nature, et ce sont, avec les animaux aquatiques, ceux qu'elle peut construire avec le plus d'économie. Il semble qu'étant plongés dans un milieu où la vie abonde, ils aient moins à faire par eux-mêmes, semblables en cela aux habitants des contrées florissantes où la nature se suffit à elle-même et prodigue généreusement ses dons.

Les vers cestoïdes exécutent des migrations comme les trématodes, mais moins complexes en ce sens que les milieux habités successivement ne sont pas aussi nombreux et aussi variés que chez ces derniers. Ainsi, ils ne mènent jamais nécessairement une vie indépendante et deux stations leur suffisent pour parcourir complétement le cycle de leur évolution. Les larves consistent en des vésicules portant un ou plusieurs prolongements en forme de tête; elles habitent l'épaisseur même des tissus des animaux qui sont destinés à servir de pâture à d'autres; et c'est seulement dans le tube digestif des carnivores qu'elles atteignent l'âge adulte et prennent la forme rubannée. Ainsi, le lapin, le porc, etc., nourrissent des cysticerques pour le compte des carnassiers : ceux-là sont chargés d'approvisionner ceux-ci de ténias; d'un autre côté, les poissons de petite taille, qui vivent dans les eaux douces ou dans la mer, hébergent des larves vésiculaires destinées à

achever leur développement chez les brochets ou chez les requins.

Et l'on peut remarquer ici combien la puissance ordonnatrice a pris de dispositions ingénieuses à l'égard de ces animaux. Si les vers adultes habitent constamment des cavités ouvertes, c'est afin que leurs œufs puissent s'échapper au dehors, car ils ne se développent jamais là où sont les ténias qui les ont produits ; le lapin ou le mouton mange l'herbe sur laquelle le chien ou tout autre carnassier a déposé les œufs de ténias, et avale ces œufs avec l'herbe, ou bien il boit l'eau dans laquelle ils ont été entraînés. Et là se présente la raison d'un fait dont on était certes loin de soupçonner l'importance : M. van Beneden assure que le chien ne dépose pas indifféremment le résidu de sa digestion sur le sable ou sur l'herbe, et qu'il choisit toujours celle-ci lorsqu'elle se trouve à sa portée : selon l'ingénieux professeur belge, la raison de ce fait est que sur le sable les œufs des ténias seraient perdus d'une manière certaine, puisqu'ils ne courraient aucune chance de s'introduire dans leur lieu naturel d'incubation, c'est-à-dire chez les herbivores.

Ces germes de vers rubannés que nous avons vus pénétrer chez les lapins et chez les ruminants, comment pourront-ils s'introduire chez le carnassier qui ne mange que de la chair. Il ne peut évidemment les prendre qu'avec la chair elle-même ; aussi des germes, placés d'avance dans les tissus des herbivores, sont-ils tout prêts à se développer chez le carnassier lorsqu'il les aura rendus libres par la digestion de sa proie.

Comme on le voit déjà, la nature du milieu habité par le ver à tel moment de son existence présente une importance capitale. Des larves vésiculaires de cestoïdes, qui se seraient enkystées chez un lion ou chez un grand squale, doivent être considérées comme égarées ; et, puisqu'il n'y a pour elles aucun moyen de quitter leur hôte, elles sont condamnées à périr sur place avant d'avoir atteint l'âge sexuel.

De même que chez les trématodes, le système reproducteur est le seul qui paraisse avoir de l'importance dans l'économie des cestoïdes. Il est d'ailleurs conformé sur le même plan. Dans chaque segment du corps se trouvent à la fois un appareil mâle et un appareil femelle[1] ; les orifices de chacun d'eux s'ouvrent dans un

[1] Chez quelques espèces, il existe même deux appareils doubles, s'ouvrant l'un et l'autre de chaque côté par une paire d'orifices.

cloaque commun placé sur le côté, et cette disposition rend possible la fécondation, par le spermatogène correspondant, des œufs renfermés dans la matrice d'un anneau quelconque.

Ainsi, chaque anneau se féconde lui-même; on peut dire qu'il mène une vie indépendante et que ses seules relations consistent dans son union matérielle avec ses voisins. Au reste, ces segments identiques aux points de vue anatomique et physiologique, et se suffisant chacun à lui-même, sont en réalité autant d'individus distincts. Les ténias et les autres cestoïdes doivent, en effet, être considérés comme une longue chaîne d'hermaphrodites. Ce n'est pas d'ailleurs le seul exemple de cette disposition singulière; il existe aussi, dans d'autres groupes inférieurs, des animaux qui, à une certaine époque de leur vie, produisent par bourgeonnement une sorte de chapelet dont chaque grain est un individu complet. Dans ce fait se révèle encore à nous un des nombreux expédients que la nature met en œuvre pour rendre plus certaine la conservation de ses types.

Quelque temps après que la fécondation s'est opérée, la partie qui attire le plus l'attention de l'observateur est celle qui a été désignée sous le nom de matrice; c'est un canal tortueux, longitudinal, occupant le milieu de l'article et envoyant sur son trajet des culs-de-sacs plus ou moins ramifiés; c'est là que les œufs s'accumulent au sortir du canal commun aux deux glandes essentielles de l'appareil femelle : le germigène et le vitellogène; leur nombre devient tellement considérable que le réservoir en question, de plus en plus en plus distendu, arrive bientôt à occuper toute la cavité du segment. La maturité est d'autant plus avancée qu'on s'éloigne davantage de l'extrémité céphalique du cestoïde; les derniers articles[1] ont, en effet, souvent jusqu'à dix fois la grosseur et vingt fois la longueur des premiers. Aussi cèdent-ils avant les autres les œufs au milieu ambiant. Cette mise en liberté des œufs a lieu d'une manière toute particulière : comme il n'y a pas d'oviducte établissant la communication de la matrice avec l'extérieur, il arrive fatalement un moment où les parois de ce sac ne peuvent plus résister à la pression incessamment croissante qu'elles subissent; elles se rompent, et l'enveloppe cutanée de l'anneau parta-

[1] Ils peuvent atteindre dans leur plus grande extension 25 à 30 millimètres de longueur et 7 millimètres de largeur.

geant le même sort, les germes peuvent se répandre au dehors. Quelquefois l'anneau, dès qu'il est mûr, se détache de lui-même et quitte la communauté avant l'époque de sa déhiscence.

Les œufs qui ont été ainsi pondus sont d'un volume fort petit (3 à 4 centièmes de millim.) et en quantité vraiment prodigieuse. Ils sont revêtus d'une coque épaisse qui leur donne cette grande ténacité de vie grâce à laquelle ils peuvent rester un temps très-long sans perdre leur faculté germinative.

Avant même que l'œuf n'ait été expulsé des organes qui l'ont formé, il s'y est développé un embryon formé d'une simple vésicule dans les parois de laquelle se montrent trois paires de crochets. Ces crochets sont destinés à frayer un passage à l'embryon; M. van Beneden et plus récemment M. Davaine ont observé avec soin la curieuse manœuvre qu'exécute ce petit être pour cheminer à travers les tissus. Il rassemble d'abord ses six crochets en un faisceau unique et dirigé en avant, puis il se précipite sur l'obstacle placé devant lui; s'il a réussi à l'entamer, il se pousse à l'aide de ses crochets latéraux et en s'aidant de ses crochets antérieurs comme d'une sorte de proue. Presque aussitôt il recule pour recommencer la même succession de mouvements. C'est grâce à ce manége que l'embryon hexacanthe peut traverser les parois intestinales du lièvre, du porc ou du ruminant qui a avalé l'œuf où il était renfermé; et atteindre le lieu où il doit continuer son développement. Il est obligé de quitter le tube digestif, car il ne peut subir ses métamorphoses que dans la substance des tissus ou dans les cavités fermées. Arrivé là, il s'enferme dans une espèce de cocon membraneux, absolument comme nous l'avons vu faire aux larves de distomes. Dans l'intérieur de cette loge protectrice, les six épines, devenues inutiles, disparaissent, et si l'embryon enkysté doit donner naissance à un ténia ordinaire, un petit bouton apparaît en un point de la surface interne de la vésicule, s'allonge graduellement et prend peu à peu l'apparence d'une tête portée par une sorte de cou. Cet appendice se renverse bientôt à la manière d'un doigt de gant et se montre à l'extérieur, muni de quatre ventouses et armé d'une couronne de crochets. A partir de ce moment, nous avons sous les yeux l'état d'évolution qui a été désigné sous le nom de cysticerque (queue en forme de vessie). La larve de ténia, parvenue à ce degré de développement, attend patiemment que l'hôte qui l'héberge soit dévoré par un

carnassier. Si, par exemple, elle habite un rat et que celui-ci devienne la proie d'un chat, son kyste et tous les tissus environnants se dissolvent dans l'estomac de son nouveau patron et à peine y est-elle devenue libre que la vésicule caudale se flétrit et disparaît. Dès que le cysticerque est arrivé dans l'intestin, il donne tous les signes de la plus grande vitalité : il fait saillir sa tête qu'il avait maintenue jusque là engaînée et se fixe solidement, par sa couronne de crochets et par ses ventouses, aux parois intestinales. Bientôt le corps s'allonge du côté postérieur, des traces de segmentation apparaissent et les organes générateurs se dessinent dans chaque segment, c'est-à-dire que la larve, sous son second état (tête[1] du cysticerque et plus tard du ténia) commence à donner naissance à son long ruban d'adultes agrégés et sexués. Ainsi que nous l'avons déjà dit, le véritable représentant de la forme définitive est l'anneau arrivé à son complet développement ; et son individualité propre, il la manifeste clairement lorsqu'il est séparé du reste de la chaîne : alors, en effet, il vit d'une manière indépendante, il se nourrit, s'accroît, nage avec agilité au milieu des mucosités intestinales et peut même atteindre dans cet état sa maturité sexuelle, s'il n'en jouissait pas encore au moment de l'émancipation.

Les cestoïdes ne fournissent pas d'ailleurs le seul exemple de ce mode remarquable de génération. Chez certains annélides qu'on nomme syllis, il y a production, par transformation des anneaux postérieurs du corps, d'un individu différent de son parent et produit tout exprès pour renfermer les éléments mâle et femelle, ainsi que pour opérer la fécondation et la dispersion des œufs.

Maintenant que nous savons comment se métamorphosent les cestoïdes, voyons à quelles expériences on a eu recours pour arriver à la connaissance de leurs migrations, et quelles observations viennent ajouter au résultat de ces expériences.

M. le docteur Küchenmeister est, ainsi que nous l'avons déjà dit, le premier auteur qui ait usé de la méthode expérimentale à l'égard des cysticerques et des ténias. Il donna simultanément à plu-

[1] La dénomination de tête est tout à fait impropre. Cette prétendue tête est dépourvue de bouche (le ténia n'ayant pas de tube digestif), et les ventouses qui la garnissent agissent seulement comme organes de fixation.

sieurs chiens de la chair de lapins infestée de cysticerques, et un de ces animaux ayant été ouvert peu de temps après le repas, le savant professeur de Littau trouva les kystes rompus et les vers parvenus dans l'intestin grêle et déjà fixés aux parois du tube digestif[1]. Un autre chien, sacrifié au bout de trente heures, ne renfermait plus que des têtes de 4 à 5 millimètres de long ; les vésicules avaient complétement disparu. Un troisième montra, le vingt-quatrième jour, de jeunes ténias de 40 centimètres, ce qui donne un accroissement moyen de 12 millimètres en vingt-quatre heures. Enfin, un quatrième chien, ouvert le cinquantième jour, possédait des ténias dont les anneaux commençaient à se détacher spontanément. Il était donc prouvé, par là, que les cysticerques du lapin se transforment en ténias chez le chien. Mais il restait à compléter la démonstration par une expérience inverse : des anneaux mûrs de ténia furent mêlés à la nourriture des lapins et des cochons, et ces animaux, abattus au bout de quelque temps, montrèrent des cysticerques jusque dans leurs muscles.

Ces mêmes expériences ont été répétées depuis et entièrement confirmées par MM. van Beneden, von Siebold, Paul Gervais, Leuckart, Baillet, Lafosse, etc. Chacun voulut vérifier par lui-même des faits aussi curieux et aussi nouveaux, et les recherches furent étendues, par la suite, à d'autres animaux : c'est ainsi que M. Leuckart prouve, en 1855, la transformation des cysticerques de la souris en ténias chez le chat.

Quant au ténia ou ver solitaire[2] de l'homme, c'est encore à M. Küchenmeister qu'on doit la première démonstration de son origine et de ses métamorphoses. Tous les naturalistes et tous les médecins se rappellent l'expérience tout à fait concluante qu'il a faite, en 1855, sur une femme condamnée à mort : des cysticerques, provenant d'un cochon atteint de ladrerie, furent administrés à cette malheureuse plusieurs jours avant l'exécution, et, à l'autopsie, ils furent retrouvés dans l'intestin transformés déjà en jeunes ténias. Enhardi par ce succès, M. le docteur Humbert

[1] La tête est constamment tournée du côté du pylore. Son état de fixation explique pourquoi elle est si rarement expulsée.

[2] C'est à tort qu'on qualifie ce ver de solitaire, car on l'a souvent trouvé associé à plusieurs de ses semblables, dans le même intestin.

voulut expérimenter sur lui-même : il avala donc quatorze cysticerques appartenant à un porc, et, trois mois après, il eut la satisfaction d'éprouver, dans l'intestin, les sensations particulières qui sont un indice certain de la présence du ténia.

Indépendamment des expériences, plusieurs observations s'accordent à prouver que ce cestoïde provient bien, en effet, des cysticerques renfermés chez les animaux qui servent de nourriture à l'homme. Ainsi, les Indiens, qui sont restés fidèles à la religion de leurs ancêtres, et qui, par conséquent, se contentent d'une alimentation exclusivement végétale, ne sont pas atteints du ténia. Par contre, les Abyssins en sont tellement affectés qu'on regarde, dans le pays, l'existence de ces parasites dans le tube digestif comme une incommodité inhérente à une bonne constitution. Or, tous les voyageurs et tous les helminthologistes s'accordent à attribuer la fréquence de cet entozoaire chez les Abyssins à l'habitude qu'ils ont de manger de la viande crue et fumante, qui est leur mets favori. Ajoutons à cette remarque que, parmi les Européens qui ont visité ce peuple, ceux qui ont voulu vivre à l'abyssinienne ont tous contracté le ténia. D'un autre côté, ceux des Abyssins qui suivent la religion de Mahomet et qui ne mangent jamais la viande autrement que cuite ne sont pas envahis comme les autres, et confirment ainsi le moyen d'intrusion signalé plus haut. Un autre fait, qui vient corroborer les précédents, est celui qui a été observé à Saint-Pétersbourg, où l'on fait manger de la viande crue aux enfants comme remède contre la dyssenterie quelquefois mortelle qui sévit contre eux à l'époque du sevrage : plusieurs médecins constatèrent, à diverses reprises, chez la plupart de ces enfants ainsi médicamentés, la présence de ténias et de bothriocéphales. Il y a, d'ailleurs, longtemps qu'on a fait observer[1] que ceux qui sont occupés à la préparation des matières animales fraîches ont plus souvent le ténia que ceux qui ont une autre profession : ainsi, l'opinion existe parmi les charcutiers et les bouchers qu'ils sont très-sujets au ver solitaire.

On a fait également des expériences en vue d'élucider les métamorphoses et les migrations du ver qui détermine, chez le mouton, cette maladie singulière à laquelle on a donné le nom de

[1] Fortassin : *Considérations sur l'histoire naturelle médicale des vers du corps de l'homme.* — Thèse de Paris, 1804.

tournis, à cause de la nature de son principal symptôme, le tournoiement de l'animal sur lui-même, tournoiement qui amène les désordres nerveux les plus graves et qui se termine souvent par la mort.

Plusieurs helminthologistes ont reconnu, dans ces derniers temps, que la singulière affection dont nous parlons est causée par la présence, dans le cerveau, d'une larve vésiculaire munie d'un grand nombre de têtes et appartenant à un ténia (le cœnure) qui vit dans l'intestin du chien. Pour s'en assurer, on communique le ténia à des chiens, comme l'a fait M. Küchenmeister, en leur faisant avaler les larves vésiculaires du tournis, puis on introduisit dans les aliments d'une brebis jeune et bien portante des segments mûrs de ces ténias. Au bout du quinzième jour l'animal manifeste les premiers symptômes du tournis, et, si on l'abat à ce moment, on trouve à la surface du cerveau une ou plusieurs vésicules remplies d'un liquide lactescent et à parois très-contractiles ; elles sont de la grosseur d'un petit pois, mais n'offrent pas encore de traces de têtes et représentent la première phase du développement des ténias, l'embryon à six crochets. Autour de ces vésicules, on voit les galeries tortueuses que le ver s'est creusé pour arriver à l'endroit où on le trouve.

Pour vérifier si les vésicules en question sont bien de jeunes cœnures en développement, M. Küchenmeister se procura un certain nombre de moutons affectés de tournis, et put ainsi suivre de semaine en semaine et de mois en mois, le developpement de ces vers et en faire l'embryogénie complète. Vers le trente ou le trente-cinquième jour, la larve a la grosseur d'une petite noisette et les têtes ont surgi : elles sont munies d'une double couronne de crochets et de quatre ventouses, et peuvent se rétracter à l'intérieur de la vésicule commune ; leur longueur est de 4 à 5 millimètres.

La substance cérébrale est refoulée à l'endroit qu'elles occupent : à l'autopsie, on trouve dans le cerveau une cavité profonde. Lorsque le cœnure vésiculaire est placé superficiellement, il arrive, par son accroissement, en contact avec la paroi du crâne dont détermine la résorption et l'on voit l'os s'amincir progressivement au point de céder sous la moindre pression. Dans ce cas, il n'y a pas d'autre traitement curatif que la perforation du crâne par le trocart ou par le trépan.

Si l'on donne ces larves polycéphales à des chiens, la grande vésicule se flétrit dans leur estomac, les diverses têtes deviennent libres, s'accrochent à la muqueuse intestinale et donnent chacune naissance à un ténia. Quatre mois après l'ingestion d'un cœnure, on trouva chez un chien soixante-dix ténias ; le canal intestinal en était presque complétement obstrué.

Il nous reste, pour terminer ce que nous avons à dire sur l'ordre des cestoïdes, à ajouter quelques mots sur trois autres vers rubannés, le bothriocéphale[1], le tétrarhynque[2] et l'échinobothrium[3].

Le bothriocéphale est le plus grand des vers cestoïdes; il peut atteindre jusqu'à 20 mètres de longueur et le nombre de ses anneaux peut aller jusqu'à dix mille. Il se distingue du ténia principalement par la situation de l'orifice sexuel : celui-ci, en effet, au lieu d'occuper le bord du segment, se trouve situé sur la ligne médiane du corps. Le botriocéphale présente, à l'état adulte, les mêmes habitats que les ténias, mais il est moins universellement répandu et sévit le plus souvent dans des régions restreintes, et principalement au bord des eaux : on a remarqué qu'il était endémique dans certaines contrées, et notamment dans les pays baignés par la mer Baltique. Plusieurs helminthologistes attribuent la fréquence de ce ver chez les habitants des côtes et chez les riverains des lacs et des fleuves à leur nourriture composée presque exclusivement de poissons : c'est qu'en effet le bothriocéphale abonde chez ces derniers animaux, où il a la prépondérance sur le ténia.

Le développement de ce parasite présente des analogies à la fois avec celui des trématodes et celui des téniens : l'œuf se développe dans l'eau, et le petit être auquel il donne issue est cilié comme celui des douves ; cette larve infusoriforme produit à son intérieur un embryon hexacanthe dont le sort est d'aller s'enkyster dans les tissus d'un animal aquatique pour y poursuivre son évolution.

Le type tétrarhynque représente, chez certains animaux aquatiques, le type ténia des animaux aériens ; on ne le rencontre guère que chez les poissons. Les vers qui appartiennent à ce type se distinguent facilement par leurs quatre trompes hérissées de crochets et pouvant se retirer dans une gaîne membraneuse. C'est

[1] De βόθριον, fossette, et de κεφαλή, tête.
[2] De τετρα, quatre, et de ῥύγχος, bec.
[3] De ἐχῖνος, hérissé de piquants.

à M. van Beneden que l'on doit de connaître la véritable nature de ces cestoïdes. « Ce sont, dit-il, les tétrarhynques qui nous ont fait connaître les bothriocéphales et les téniens. » Les larves de ces entozoaires vivent enkystées dans un repli du péritoine d'un poisson destiné à servir de proie à un autre ; plus tard, elles passent avec leur hôte dans le canal digestif d'un poisson carnassier pour y prendre leurs attributs sexuels. Parmi les diverses espèces de tétrarhynques, nous en citerons une très-remarquable par son grand développement en longueur : le tétrarhynque scrofuleux qui loge entre les chairs des spares.

On croirait, au premier abord, voir un ver adulte et complet ; mais un examen plus attentif dévoile bientôt l'absence d'anneaux, et ce parasite, tout long qu'il est, n'est autre chose qu'un scolex monstrueux attendant, pour achever son développement, l'occasion de pénétrer dans le tube digestif d'un squale affamé.

L'échinobothrium est un cestoïde très-commun à l'état adulte dans l'intestin de la raie bouclée ; la longueur de son corps ne dépasse guère 5 à 6 millimètres ; les deux grandes ventouses très-mobiles dont il est muni et les nombreuses épines qui hérissent son cou le rendent très-facile à reconnaître.

M. van Beneden, après de longues et patientes recherches, est enfin parvenu à découvrir l'habitation d'enfance de l'échinobothrium : ses larves s'introduisent chez les raies par l'intermédiaire de petits crustacés du genre gammare que ces poissons avalent par milliers.

IV

Parasites migrateurs du groupe des Nématoïdes. — Filaires et Mermis. Trichines des muscles.

Il n'y a guère que deux genres de nématoïdes dont l'histoire soit intéressante et bien connue : ce sont les mermis et les trichines des muscles.

Rien n'est plus commun que de trouver, dans le corps des insectes, des vers filiformes dépourvus d'organes reproducteurs, et auxquels on donne le nom général de filaires. M. von Siebold, frappé de la ressemblance de ces filaires avec les mermis, autres vers minces, mais sexués, qui vivent et se reproduisent dans la

terre humide, se demanda si ces deux formes de nématoïdes ne représentaient pas deux phases d'évolution du même animal. Pour se fixer à ce sujet, il se procura des filaires et les plaça dans un lieu humide. Au bout de quelques mois, il constata que ces vers agames étaient devenus de véritables mermis munis de leur appareil générateur. Plusieurs même avaient pondu des œufs, et de ceux-ci étaient sorties de petites filaires qui furent recueillies et mises dans un même vase en compagnie de chenilles intactes. Au bout de quelques jours, M. von Siebold vit que le nombre des filaires avait diminué, et comme tout avait été disposé de manière à ce qu'aucune ne s'échappât, on ne pouvait admettre qu'une chose, c'est que les vers disparus s'étaient introduits dans les chenilles : ce que la dissection vérifia.

M. Ch. Lespès, de son côté, a trouvé des larves de mermis autour du tube digestif des termites (fourmis blanches) arrivées à divers états de développement, mais constamment dépourvues d'organes reproducteurs ; il en compta jusqu'à six dans le même individu. Les insectes infectés tombent rapidement en langueur et finissent même par succomber, et les nématoïdes abandonnent le corps de leur hôte lorsqu'il est tombé en putréfaction pour s'établir aussitôt dans le nouvel habitat où ils doivent se compléter.

Les mermis ont donc ainsi besoin de deux stations d'existence : sous la forme de larves, ils sont parasites dans le corps des insectes rampants ou marcheurs, et à l'état adulte ils vivent en liberté dans la terre humide[1].

Il nous reste à parler d'un nématoïde très-remarquable, c'est-à-dire de ce ver connu sous le nom de trichine, qui réside à l'état agame dans les muscles de beaucoup d'animaux à sang chaud et de l'homme lui-même. C'est là qu'Owen l'a découverte en 1835.

Les adultes logent dans un tube digestif, et c'est toujours là que la ponte s'effectue ; les femelles sont ovovivipares, leurs œufs se développent dans l'intérieur même de l'oviducte ; les larves, à peine nées, percent les parois intestinales et arrivent à pénétrer

[1] De récentes communications faites à l'Académie des sciences, ont appelé l'attention sur le dragonneau, genre de filaire qui hante de préférence les *yeux* des animaux et même de l'homme; il est très-fréquent chez les nègres. Ce singulier parasite vit, à l'état adulte, dans la vase des cours d'eau.

jusque dans l'intérieur des muscles de leur hôte. Là, elles s'enroulent en spirale dans l'intérieur d'un kyste [1], et s'y modifient en attendant que leur gîte soit digéré par l'animal dans l'intestin duquel elles doivent acquérir des sexes et se reproduire.

La première expérience qui ait mis en lumière ces migrations et ces métamorphoses est due au docteur Herbst. Ayant nourri divers animaux avec de la chair infectée de trichines, il retrouva ces nématoïdes dans le système musculaire. Peu après, les recherches expérimentales de M. Leuckart, contrôlées ensuite par celles de M. Wirchow, établirent d'une manière certaine l'histoire des trichines. — Mais à tous ces travaux devaient s'ajouter des observations pathologiques du plus haut intérêt parmi lesquelles nous citerons celles de MM. Zenker et Friedrich.

Vers la fin de janvier 1860 mourut à l'hôpital de Dresde une femme de vingt-deux ans, des suites d'une affection dont la nature avait été complétement méconnue pendant sa vie. On savait seulement que la maladie avait débuté par une grande fatigue, l'insomnie, la perte d'appétit, et qu'elle avait été signalée dans son cours par une fièvre vive accompagnée de douleurs musculaires d'une extrême violence. Cette dernière circonstance étant une de celles qui avaient le plus frappé, M. Zenker eut l'idée de chercher si les principales causes de la maladie et de la mort ne résidaient pas dans une certaine modification de la substance contractile, quitte à chercher plus tard l'agent de la modification, celle-ci étant une fois établie.

Or, les muscles d'un des bras ayant été examinés, on fut surpris par l'anomalie de leurs caractères extérieurs : ainsi ils étaient pâles, d'un rouge grisâtre et tout tachetés de points blancs ; de plus, ils avaient perdu leur consistance ordinaire, étaient devenus friables et portaient toutes les traces d'une dégénérescence profonde. A la première investigation microscopique, M. Zenker reconnut non sans étonnement que le parenchyme du muscle était tout envahi par des trichines ; certaines portions en étaient tellement criblées qu'on en distinguait jusqu'à vingt à un faible grossissement dans le champ du microscope.

[1] Les kystes des trichines ne dépassent guère un millimètre de diamètre, ces kystes se trouvent quelquefois en telle profusion dans les muscles, que ceux-ci en sont comme tout pointillés de blanc.

Les trichines se montraient libres, sans capsules, affectant les positions les plus variées et douées de la plus grande vitalité.

Il était alors hors de doute que ces vers avaient été surpris au moment de leur passage dans des muscles et qu'on assistait là à une immigration toute récente. C'est la pénétration des trichines qui avait été la cause des violentes douleurs ressenties par la malade.

Une observation plus circonstanciée encore est due à M. le docteur Friedrich ; elle est relative à un jeune homme de vingt-deux ans admis à la clinique médicale d'Heidelberg, le 24 avril 1862, et qui s'en est allé le 30 juin complétement guéri. C'est la première fois que la présence des trichines est diagnostiquée et constatée expérimentalement chez l'homme pendant la vie. Robuste et de santé parfaite, le sujet en question est atteint, le 14 avril, d'une faiblesse dans les jambes et ressent de vives douleurs d'abord dans le mollet, puis dans les muscles des lombes, du dos, de la nuque et des bras ; les moindres mouvements sont devenus intolérables, tellement les douleurs sont violentes. En même temps, le malade est en proie à une fièvre très-vive, à des maux de tête quelquefois accompagnés de vertige. Ajoutons à ces symptômes un enrouement opiniâtre qu'on doit probablement attribuer à la pénétration des helminthes dans les muscles du larynx, une diarrhée intermittente au début de l'invasion exempte de douleurs, résultat de l'irritation produite par la trichine sur la muqueuse intestinale, une soif ardente et une éruption cutanée provoquée par des sueurs profuses et continues.

Les muscles sont roides, d'une remarquable élasticité, présentent la dureté du caoutchouc et sont comme turgescents ; les membres sont dans un état permanent de contracture, et le patient pousse des cris lorsqu'on essaye de les lui redresser.

Le 7 mai on détache avec le harpon imaginé par M. Middeldorff un morceau de muscle du mollet droit ; ce morceau a à peine la grosseur d'un grain de millet et néanmoins on y compte jusqu'à sept trichines interposées entre les fibres musculaires. Les douleurs ressenties dans les muscles sont donc dues, comme chez la malade de M. Zenker, à la présence de parasites dans leur intérieur.

L'administration du picronitrate de potasse sous forme de pilules améliore sensiblement l'état du malade : celui-ci semble, à

partir du 9, être entré en voie de guérison : les douleurs diminuent peu à peu d'intensité ; le seul incident remarquable qui ait signalé cette période de retour à la santé est l'apparition d'un furoncle à la partie supérieure de l'omoplate droite ; dans le pus de ce furoncle, examiné au microscope, on trouva, et c'est là le fait saillant, une grosse trichine bien développée.

Le 25, alors que les forces sont revenues presque en totalité, et que toutes les fonctions ont recouvré leur régularité, on trouve encore, dans un morceau de muscle détaché de la cuisse avec le harpon, une trichine vivante renfermée dans son kyste, mais une seule. D'ailleurs tout annonce un rétablissement prochain : aussi la guérison complète ne se fait-elle pas attendre.

Nous avons vu l'expérience démontrer que l'infection par les trichines est due essentiellement à l'ingestion de viandes d'animaux altérées par ce parasite ; or, les deux observations médicales que nous venons de citer viennent confirmer cette origine des trichines. On sut, en effet, que la malade du docteur Zenker avait mangé, un mois avant son entrée à l'hôpital de Dresde, de la chair d'un porc infesté de trichines. Quant au sujet du docteur Friedrich, c'était un garçon boucher ayant abattu plusieurs porcs dans la semaine qui a précédé l'apparition de sa maladie, et se nourrissant volontiers de hachis cru. Il est aussi intéressant de noter qu'une de ses habitudes, ainsi qu'il l'a déclaré lui-même, était de tenir son couteau entre ses dents pendant que ses mains achevaient les préparations.

Comme on l'a vu par les détails où nous sommes entrés, les faits relatifs aux métamorphoses et aux migrations des cestoïdes et des nématoïdes sont aussi bien connus que ceux qui se rapportent aux trématodes. La découverte de ces phénomènes singuliers a eu pour heureux effet d'attirer de nouveau les savants vers l'étude des organismes inférieurs : la plus féconde sans contredit de toutes les études zoologiques et celle aussi qui peut prêter le plus de secours à la philosophie naturelle.

E. Vignes.

DEUXIÈME PARTIE

SCIENCES APPLIQUÉES

MÉCANIQUE

ART DE L'INGÉNIEUR

I

LA TRAVERSÉE DES PYRÉNÉES

I

Divisions de la chaîne des Pyrénées. — La faille du val d'Aran. — Anomalies. — Le détroit des provinces Basques. — Age de la montagne. — Esquisse géologique. — Déclivité primitive. — Aspect général des Pyrénées.

Les géographes distinguent trois parties dans la chaîne de montagnes qui sépare la France et l'Espagne et met tant de distance entre deux pays si voisins : les *Pyrénées orientales*, de l'ancien cap Aphrodision, aujourd'hui le cap Creus, au pic de Carlitte; les *Pyrénées centrales*, du pic de Carlitte au mont Perdu, et les *Pyrénées occidentales*, du mont Perdu au col de Goritty.

L'examen du relief orographique permet, ou plutôt impose une autre division. En effet, si, au premier coup d'œil, la montagne paraît s'élancer, d'un seul jet, de la Méditerranée à l'Océan, on remarque bientôt, lorsqu'on regarde les choses de plus près, que la chaîne est, pour ainsi dire, nouée vers le millieu. Là, on con-

state une déviation, une rupture dans l'épine dorsale du colosse. L'un des fragments, qu'on peut appeler celui des *Pyrénées atlantiques*, vient de l'ouest et se termine sur la rive gauche de la Garonne; l'autre, plus septentrional, celui des *Pyrénées méditerranéennes*, brisé lui-même en trois tronçons, vient de l'est, court à peu près parallèlement au premier et s'arrête au pont du Roi, sur la rive droite du même fleuve. Deux chaînons soudent ces fragments l'un à l'autre : l'un, projeté par les Pyrénées méditerranéennes, s'attache à la chaîne du sud, au col de Pallas; l'autre, prenant, au contraire, son origine sur les Pyrénées atlantiques, au pic de la Picade, s'étend vers la chaîne du nord et n'en est séparé que par la gorge étroite au fond de laquelle roule la Garonne.

La rupture de la chaîne vers sa partie centrale n'est pas la seule anomalie, ou, si l'on veut, la seule monstruosité que l'on constate; il existe encore une autre irrégularité : les plus hauts sommets, fait judicieusement observer M. Élisée Reclus, dans une remarquable étude sur les Pyrénées, sont situés en dehors des axes. « Le mont Perdu, le pic Posets et la Maladetta s'élèvent au sud de la chaîne des Pyrénées atlantiques. La première de ces montagnes se rattache à l'axe central par une très-haute crête; mais le pic Posets et la Maladetta, géants qui se dressent en face l'un de l'autre, de chaque côté de la vallée de l'Essera, forment deux groupes presque complétement isolés; au nord seulement, un col neigeux les relie au système principal. — Il en est de même pour l'autre chaîne : le Canigou n'est pas non plus situé sur l'axe; mais il est à remarquer qu'au lieu de se trouver au sud, comme le mont Perdu, le Posets et la Maladetta, il s'élève au nord. On dirait qu'une certaine polarité a présidé à la formation des deux chaînes et au soulèvement des pics, sur chaque versant. »

Ce chaînon du Canigou qui termine l'un des contreforts septentrionaux des Pyrénées et au pied duquel s'étendent les plaines de Perpignan, a des sommets qui s'élèvent à 2,800 mètres. Il sert en quelque sorte de pendant, sur les rivages méditerranéens, au pic du Midi d'Ossau, situé à 30 lieues de l'océan Atlantique et dont le faîte atteint la région des neiges éternelles. Les hautes cimes commencent au pic d'Anie, à 25 lieues de l'Océan, où l'on mesure déjà 2,500 mètres; elles se continuent jusqu'aux montagnes du val d'Andorre et aux massifs de Carlitte. Les Pyrénées, comme on le voit, sont une vraie muraille ; ce n'est qu'aux deux

extrémités qu'elles s'abaissent vers la mer. A l'ouest, la chaîne s'allonge en collines; à l'est, la chute est moins sensible: le chaînon des Albères a encore plus de 600 mètres de hauteur moyenne. La Sierra de Rosas s'incline vers la Méditerranée dans laquelle elle s'engloutit au cap Creus. A 20 lieues seulement du rivage, la sonde accuse plus de 1,000 mètres de profondeur.

Si l'on considère, non plus seulement les Pyrénées isthmiques, mais le système tout entier, on s'aperçoit qu'il comprend une seconde partie, les monts Cantabres ou Asturiques. Les deux parties de ce système sont séparées par une dépression, par un détroit profond, où la mer se précipiterait avec violence, si, dans les évolutions futures du globe, elle s'élevait à 600 mètres seulement au-dessus de son niveau actuel.

Quelle est la longueur de la chaîne entière, du cap Creus, dans la Méditerranée, au cap Finisterre, ou mieux au cap Torinaña dans l'océan Atlantique? 1,018 kilomètres, à vol d'oiseau; près de 1,500, si l'on tient compte des sinuosités. Entre la France et l'Espagne, la largeur moyenne est, en nombre rond, de 100 kilomètres; elle se réduit de moitié environ sur les côtes de la Biscaye. En revanche, le plateau par lequel se termine l'extrémité occidentale n'a pas moins de 300 kilomètres de diamètre.

Veut-on maintenant savoir la constitution géologique des Pyrénées, connaissance indispensable pour comprendre les travaux d'art qu'on accomplit ou qu'on prépare? Il faut, ce qui, nous devons l'avouer, semble effrayant au premier abord, remonter non pas seulement au déluge, mais aux temps bien antérieurs où la chaîne sortit des entrailles de la terre.

Dans l'histoire, ou, pour nous exprimer avec plus de prudence, dans le roman de la création, on compte, comme chacun le sait, 26 soulèvements successifs. — Si l'on consulte le tableau chronologique de ces soulèvements, on trouve que le système des Pyrénées vient au 16e rang; qu'il a émergé dans l'intervalle de temps compris entre le dépôt des craies et celui des terrains tertiaires. Comment le soulèvement s'est-il produit? Tout d'un bloc ou graduellement, insensiblement, comme s'opère encore le travail qui, chaque année, soulève d'un centimètre et demi la presqu'île scandinave? Nul ne le sait; sur ce point, tout est hypothèse. Mais ce qui est certain, c'est que ce bouleversement, moins ancien, d'une part, que la craie supérieure, est, d'autre part, antérieur

au calcaire parisien. La preuve en existe, incontestable, éclatante, sur toute la chaîne. Dans le fragment méditerranéen, le granit a entr'ouvert la craie et montre à nu les dents de la scie gigantesque qui a opéré les déchirures; dans les Pyrénées atlantiques, les os ont, en quelque sorte, moins facilement percé la chair; les couches de craie, plus élastiques, se sont, en général, soulevées sans se rompre. Cependant, de distance en distance, on voit que l'enveloppe a fini par éclater; les îlots qui dominent les vallées de la Bidassoa et de la Nive, les massifs qui forment les principaux pics de la chaîne occidentale, la Maladetta, par exemple, ne sont autre chose que des parties nues et saillantes du squelette.

La charpente du système est en granit, avec de vastes incrustations vertes et noirâtres de serpentines et de mélaphyres. Des sources jaillissent au contact de ces roches avec les autres terrains et constituent l'une des richesses des Pyrénées. — A côté des produits d'origine ignée, il faut placer les terrains volcaniques, rares dans les Pyrénées, si rares même, qu'on les chercherait peut-être encore vainement si les archives d'Olot, ville située à 22 kilomètres N.-O. de Girone, près de la source de la Fluvia, n'eussent fait mention d'éruptions et de tremblements de terre, au dix-septième siècle.

C'est dans le voisinage de ces terrains volcaniques qu'on trouve surtout le sel, la houille, le cuivre, l'argent, l'or et le fer. La chaîne est d'ailleurs relativement pauvre en métaux. Les mines de fer et de cuivre du bassin de Baïgorry, à l'extrémité occidentale, sont épuisées ou peu s'en faut; on compte, il est vrai, quelques forges dans le pays de Ferrières, sur les confins des hautes et des basses Pyrénées; un plus grand nombre, dans les vallées de l'Ariége et dans les gorges du Tech et de la Têt; mais qu'est-ce que cela, pour un si grand espace?

Le soulèvement de la montagne étant postérieur à la craie, la masse granitique qui forme l'ossature de la chaîne n'a pu se frayer un passage pour apparaître à découvert, qu'en traversant tous les terrains antérieurs. D'après cela, il est facile de prévoir quelles roches on rencontre dans les Pyrénées : ce sont d'abord, pour suivre l'ordre de formation, des schistes métamorphiques, puis les grès et les calcaires compactes, les grauwackes, les poudingues et le vieux grès rouge des terrains de transition. Viennent ensuite les dépôts secondaires: les calcaires carbonifères et la houille; le ter-

rain de trias, avec ses grès bigarrés, ses calcaires conchyliens et ses marnes irisées auxquelles succèdent l'argile et les calcaires jurassiques; enfin, le grès vert, la craie verte et le tuffeau, la craie marneuse et la craie blanche. — Au pied des escarpements, dans le fond des vallées, se sont déposés en couches horizontales, dénonçant par là l'âge du soulèvement[1], les terrains tertiaires et diluviens qu'on retrouve dans les plaines de la France et de l'Ebre. Dans les bas-fonds, anciens lacs desséchés, s'étendent des couche d'origine alluviale.

Telle est, en quelques traits, la constitution géologique de la montagne ; telles sont les roches que le pic du terrassier rencontre et dont la poudre a raison, quand on creuse une tranchée ou un tunnel dans ces régions. Ces diverses roches ne sont pas uniformément réparties dans toute la chaîne. Les terrains de transition, par exemple, abondent sur le versant septentrional du fragment atlantique, passent, pour ainsi dire, le détroit d'Aran, et se retrouvent sur le versant méridional du fragment méditerranéen, décrivant ainsi une sorte d'S, dont l'axe est parallèle à l'équateur[2]. La houille est peu abondante; on ne compte que cinq bassins de médiocre étendue, dans les Pyrénées : trois dans les Pyrénées françaises ; les deux autres, plus importants, appartiennent à l'Espagne. Pareillement la première assise du terrain de trias, le grès bigarré, n'est pas partout également répandu ; il n'est bien représenté que dans le voisinage de Saint-Jean-Pied-de-Port. Quant aux roches jurassiques, elles ne se montrent, en Espagne, qu'entre Pampelune et Tolosa, et, du côté de la France, entre Argelès et Saint-Girons. Une des formations les plus régulières est celle du grès vert, abondant surtout sur les pentes espagnoles. Le mont Perdu s'y rattache. Il en est de même des terrains crétacés ; sur les deux versants ils atteignent une très-grande largeur. Enfin, entre Beasain et Otzaurte, les calcaires éboulieux, les roches schistoïdes et les marnes glissantes, ont longtemps arrêté les ingénieurs.

Malgré cette variété, l'aspect général de la chaîne offre une grande uniformité. Point d'inflexions dans les contre-forts qu'elle projette au nord et au sud : rectilignes, perpendiculaires à l'axe

[1] Voir plus haut l'excellent article de M. Reitop, sur les systèmes de montagnes.

[2] Consulter, dans le même article, le passage relatif au parallélisme des accidents contemporains.

principal, ils s'appuient, à leur tour, sur des contre-forts latéraux. S'il est vrai, comme le pensent la plupart des géologues, que la déclivité primitive de la montagne soit marquée par celle de ces chaînons transversaux, les pentes des Pyrénées devaient, dans l'origine, être relativement très-faibles ; rarement elles dépassaient cinq ou six centimètres par mètre, et, chose digne de remarque, elles n'excédaient ce chiffre que dans l'une des parties les moins élevées de la chaîne, dans les monts Albères, où les rampes atteignaient dix centimètres. D'où vient qu'aujourd'hui, si ce n'est à ses deux extrémités, la montagne est presque inaccessible? D'où vient qu'on ne la traverse que par trois routes carrossables et une soixantaine de sentiers, cols, ports ou passages plus ou moins périlleux ? De ce que les éléments semblent s'être associés pour miner les rochers, produire des éboulements et creuser d'effroyables précipices. Dans les gorges françaises, l'action séculaire des agents atmosphériques a creusé des abîmes. De même, sur le versant espagnol où les pentes eussent été plus faibles encore, les sentiers, dans lesquels s'engagent les montagnards, sont souvent suspendus sur des gouffres. Qui peut, du sommet du mont Perdu, réputé inaccessible avant les explorations de Ramond (août 1802), regarder sans frissonner, à plus de 2,000 mètres de profondeur, les hameaux perdus dans la brume ?

On voit par là que, si le spectacle des Pyrénées est moins varié que celui des Alpes ; s'il y manque les lacs bleus et les grands fleuves, roulant, vers les quatre points cardinaux, le quart de l'eau qui tombe en Europe, les pics isolés aux découpures fantastiques, les vallées longitudinales avec leur verdoyante parure, et les immenses glaciers, arrachant, dans leur course insensible, d'énormes blocs aux flancs des montagnes, elles ont cependant leurs tableaux grandioses. Sans parler du contraste qu'offrent les deux extrémités, l'une africaine, avec ses rochers blanchâtres, ses chênes liéges, ses aloès et ses tamaris, l'autre, celle du pays basque, moins brûlée, plus riante, avec ses collines arrondies et ses forêts de hêtres, quoi de plus imposant par exemple, que les cirques des hautes Pyrénées ! On dirait des amphithéâtres construits par les cyclopes, pour contenir des peuples entiers. Quel touriste parle sans émotion, sans admiration, de Troumouse, de Bielsa et de Gavarnie !

II

Les grandes chaussées des Pyrénées. — Voies inachevées. — De Bayonne à Pampelune. — Retour en France par le col du Pertuis. — De Perpignan à Urgel par Puycerda. — Les principaux ports. — Le torrent des invasions.

Le mot de Louis XIV à son petit-fils le duc d'Anjou, partant pour recueillir la succession de Charles II, a été rappelé à tout propos. La parole du grand roi a cependant, depuis deux siècles, reçu bien des démentis. Il ne suffit pas, en effet, de signer des traités pour rapprocher les peuples, il faut encore abaisser les barrières naturelles qui les séparent. L'art de l'ingénieur est l'auxiliaire le plus utile de la politique.

Or, entre la France et l'Espagne, les voies de communication sont peu nombreuses : trois grandes routes et une soixantaine de passages. Et quels passages ! Un capitaine ne s'y hasarde pas ; un chef de bande ne s'y risque qu'en tremblant ; de vrais ports de contrebandiers.

Nous parlerons plus tard de la route qui entre en Espagne après avoir longé la mer, et du projet qui rattache, par une voie ferrée, Perpignan à Barcelone. Pour le moment, ne nous occupons que des anciennes chaussées qui ouvrent l'entrée de l'Espagne. L'une va de Bayonne à Pampelune ; les deux autres passent par les dépressions qui coupent en trois tronçons les Pyrénées méditerranéennes. Ce sont les routes de Perpignan à Girone et à Urgel. Nous passons à dessein sous silence le chemin à peine ébauché de Puymaurin, celui de la vallée d'Aspe brusquement interrompu sur le versant espagnol, et celui de Moudang, dans les Hautes-Pyrénées, qui s'arrête court au milieu des neiges. Au cœur de la montagne, aucune grande route, pas même à la faille d'Aran. La vallée comprise entre les Pyrénées atlantiques et les Pyrénées méditerranéennes n'a d'autre issue que l'étroit défilé par lequel la Garonne descend en France ; elle n'entre en rapport direct avec l'Espagne dont elle fait cependant partie que par des cols très-élevés. Aram est le nom d'une divinité gauloise ; le val d'Aran est une vallée française !

Mais revenons aux grandes voies de communication.

La route de Bayonne à Pampelune s'engage successivement dans trois bassins : le bassin de l'Adour, celui de la Bidassoa et celui

de l'Èbre. Les tranchées naturelles par lesquelles s'effectue le passage sont le col de Maya et le port de Velate.

La route remonte d'abord le cours de la Nive, affluent de l'Adour, s'en éloigne, s'en rapproche, touche Ustaritz, monte à Espelette, redescend à Ainhoue, trois villages témoins des luttes de 1813, et atteint la frontière française, frontière toute politique, au pont de Danchariaenea, jeté sur la Nivelle.

Nous sommes en Espagne. Voici Urdax, petit bourg que l'entrée du prétendant don Carlos a rendu célèbre. Cette rivière, que nous franchissons est l'Ugarana, affluent de la Nivelle; ces pentes sont celles des monts Aguerre et Urtamendi ; nous arrivons au *port de Maya.* — Dans cette même campagne de 1813 que nous rappelions tout à l'heure, les divisions d'Armagnac et de Marransin, chargées de dégager Pampelune, montrèrent aux alliés le poids des armes françaises.

Le vallon qui fait suite à ces solitudes présente un aspect tout différent ; deux ruisseaux y serpentent. Leur réunion formera le Bastanzubi, qui, plus loin, prendra le nom de Bidassoa. Une vigoureuse végétation succède ici aux bruyères poudreuses et aux bois souffreteux.

A Elizondo, nous entrons dans la *vallée de Bastan*[1]. Traversons Irurita, contournons le flanc des collines, et passons, sans nous arrêter, à Berrueta, sur le penchant de la montagne au pied de laquelle coule le Santa Marina. En remontant la vallée fertile, puis la gorge solitaire dans laquelle descend le torrent, en sautant deux fois d'une rive à l'autre, nous atteindrons les viaducs en marbre d'Almandoz. Un chemin en lacet s'élève au-dessus du village, gravissant les flancs des monts qui dominent le pays. — Tout près est le *col de Velate*, détroit bordé de hêtres séculaires, qui ouvre la vallée de l'Ulzama.

Les hameaux de la Navarre contrastent avec ceux des provinces basques. Olagüe et Ostiz font peine à voir. Si Sorauren, où la route franchit l'Ulzama, est plus connu, ce n'est pas qu'il soit moins misérable ; c'est qu'il rappelle encore un souvenir de la campagne de 1813. On sait, en effet, que les Anglais s'y retirèrent en désordre après le désastre de Maya. — A une lieue de

[1] Elle formait autrefois une république indépendante ; de là, par une métathèse, le nom qu'elle porte : dans la langue basque, *Baznat* signifie *je suis libre.*

là, près de Villava, le ruisseau qui arrose la vallée se jette dans l'Arga, affluent de l'Èbre. Pampelune apparaît sur un mamelon de montagnes grises, au centre de la Cuenca, et montre à l'horizon ses clochers et ses vieux remparts.

De Bayonne à Pampelune, par la route que nous venons de suivre, on compte 101 kilomètres, 27 sur le sol français, 74 en Espagne.

Transportons-nous maintenant de Pampelune à Girone, et rentrons en France, à l'autre extrémité des Pyrénées, par la route de Perpignan.

Jusqu'à Figuières, rien de remarquable. Le chemin contourne des collines, traverse le Muga, puis le Llobregat, en vue de la montagne Noire, et gagne, dans un vallon marécageux et rempli de roseaux, le dernier village espagnol de la Junquera. La montée commence au milieu d'un paysage désolé, et conduit, en pente vulgaire, jusqu'aux bornes de marbre qui marquent la frontière. On atteint ainsi le *col du Pertuis*, à 290 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Que de souvenirs historiques se pressent, en ce lieu, dans la pensée du voyageur. — Quand Annibal porta la guerre sous les murs de Rome, n'est-ce pas par ce défilé qu'il poussa les légions carthaginoises? N'est-ce pas par la même brèche que pénétrèrent les vieux Celtes, qui, en se mélangeant aux indigènes, formèrent le valeureux peuple des Celtibères, si redouté des Romains? N'est-ce pas encore à ces Thermopyles que Pompée combattit les derniers champions de l'indépendance celtibérique? Le nom de César y est également inscrit. Le fort de Bellegarde, que Vauban nommait la *clef du passage*, marque la place où s'élevaient les trophées des deux rivaux.

Une pente très-rapide commence, sur le versant français, au pont du Pertuis, jeté sur le torrent de Rome; elle mène, en décrivant de nombreux replis, aux portes d'Espagne, aux Écluses, forteresses en ruines en face desquelles gisent les débris du château des Maures. La route côtoie ensuite le ruisseau au milieu des ravins, touche Maureillas, franchit le correch de San Marty et entre dans la vallée du Tech qu'elle traverse près du Boulou. Elle cesse alors d'être accidentée et gagne Perpignan, à travers les rizières du Réart et les alluvions de la Tet.

De Girone à Perpignan on compte 81 kilomètres. Dans ce trajet, le voyageur trouve à chaque instant sur ses pas, à côté de quelques débris antiques, la trace des luttes acharnées dont ces lieux furent le théâtre, pendant les guerres de la Révolution française.

La route la plus accidentée, la plus agréable, par conséquent, pour le touriste, la plus longue, la moins sûre, la moins suivie des rouliers, est celle qui va de Perpignan à Urgel, par le col de la Perche et Puycerda. Elle remonte toute la vallée de la Tet, laissant à droite et à gauche des sources, des mines, des forêts dévastées, quelques forges allumées et un grand nombre de forges éteintes.

Jusqu'à Ille, la vallée est large; on traverse des champs plantés d'oliviers et de vignes, et découpés par des haies d'aloès et de grenadiers; mais bientôt les montagnes se rapprochent; la Tet coule dans une gorge profonde, et la route ne s'avance qu'en rampant sur les rochers. A Prades, la vallée se resserre encore. Au delà d'Olette, la route et le torrent sont littéralement encaissés entre deux murailles à pic. Un tunnel permet d'éviter les *graus* ou gradins si redoutés d'Olette, et un viaduc ramène au bord de la Tet. On est alors à 751 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La route reste quelque temps suspendue au-dessus du torrent et gravit en zigzag une longue rampe creusée sur le flanc du rocher de Montlouis. Elle descend ensuite, pour remonter après à 1,620 mètres d'altitude, au *col de la Perche*, d'où l'on aperçoit la citadelle de Vauban, et, dans le lointain, la double pointe du Canigou.

A l'extrémité de ces pâturages où des troupeaux paissent en liberté, on distingue, de l'autre côté des monts, la vaste plaine de Cerdagne. — Quand on a dépassé le ravin de Saillagousse, l'enclave espagnole de Llivia et le village français de Bourg-Madame, il ne reste plus qu'une longue rampe à gravir pour arriver à Puycerda.

A partir de Puycerda, on suit la vallée, longtemps indépendante, puis aragonaise, espagnole enfin, que limitent les montagnes du val d'Andorre et le chaînon de Cadiz : vallée en chapelets, se composant d'une série de bassins et de défilés. C'est ainsi qu'on atteint Urgel, qu'aucune grande route ne relie à l'Espagne. Le chemin le plus fréquenté serpente à côté du torrent, dans des gorges pro-

fondes où la lumière arrive à peine. Le voyage se poursuit dans la pénombre, au milieu des rochers qui surplombent.

De Perpignan à Puycerda, route dont chaque station rappelle encore les guerres franco-espagnoles, on compte 100 kilomètres environ. Puycerda est, à son tour, à 50 kilomètres d'Urgel.

Pour revenir une seconde fois en France, nous pouvons suivre le chemin de mulets, très-accidenté, très-pittoresque, qui va d'Urgel à Andorre et d'Andorre à Ax, par le col de Saldeu. — Que, si rien ne nous presse et si nous voulons profiter de notre excursion dans les Pyrénées pour visiter les principaux passages, nous explorerons successivement le *port de Venasque*, près de la Maladetta ; celui de *Gavarnie*, si heureusement décrit par Madame Foucault dans une récente brochure; celui de *Cauterest*, qui passe au pont d'Espagne, et le *col d'Ibanetta*, près de *Roncevaux*, noms célèbres dans nos annales[1].

Cette rapide énumération des routes et principaux passages des Pyrénées explique pourquoi les invasions ont toujours eu lieu par les deux extrémités de la chaîne de montagnes. — Là seulement existaient de larges chaussées. L'épaisseur des contre-forts rendait d'ailleurs difficiles, pour ne pas dire impossibles, les communications entre des corps d'armée; aussi l'histoire ne nous montre-t-elle pas d'invasion faite sur une ligne continue. La dernière parallèle est trop éloignée des Pyrénées : Barcelone et Pampelune se donnent la main par Lérida.

Le Roussillon, nous dit un de nos collaborateurs[2], dans une

[1] « Des milliers de sauvages ennemis, tapis, comme des loups affamés, dans les noires sapinières, attendaient, du haut du *mont Altabiçar*, les bataillons qui montaient lentement de *Roncevaux* vers le *port d'Ibanetta:* c'étaient les Wascons d'Espagne et de Gaule. — Quand l'arrière-garde du roi Karle eut commencé de se déployer le long de l'étroit sentier qui serpente sur le flanc de l'Altabicar, une avalanche de quartiers de rocs et d'arbres déracinés roula, avec un horrible fracas, du sommet de la montagne, broyant, écrasant ou entraînant au fond des précipices tout ce qu'elle rencontra. Tout ce qui n'avait pas été balayé par cette effroyable tempête se rejeta en désordre au fond du val de Roncevaux. — Là, les javelines des Wascons percèrent les cottes de mailles comme si elles eussent été de laine. Le courage des Franks ne leur servit qu'à mourir. » — Henri Martin.

[2] M. Ernest Morin, professeur d'histoire au Collége Chaptal et à l'École Turgot, l'un des orateurs les plus applaudis aux conférences du quai Malaquais.

note très-savante que nous avons souvent consultée, province que sa situation physique, son aspect, sa langue, et jusqu'à cet esprit qui fait dire au Roussillonnais, quand il passe dans le Languedoc : « Je vais en France, » semblent isoler et neutraliser entre la France et l'Espagne, a été le grand champ de bataille des deux pays. — C'est par là, nous l'avons dit, qu'entrèrent les Cimbres; par là que passèrent Annibal, Pompée et César. Que d'autres souvenirs nous trouverions, si nous interrogions le sol de ces contrées! Ces villages, ces plaines, ces hauteurs, ces vallées, ces gorges, ces ports, gardent la mémoire de Philippe le Hardi, de Louis XI, de Charles-Quint, de Richelieu, de la Révolution et de l'Empire !

Derrière leurs grands monts, leurs remparts de granit, l'Aragon et le comté de Foix ont eu plus de repos. La Navarre, au contraire, a eu le sort du Roussillon et de la Catalogne. Quels lutteurs que ces Wascons ! Comme ils surent, pendant des siècles, tenir tête aux envahisseurs : Carthaginois, Romains, Franks, Goths et Arabes !

En résumé, — l'histoire en fait foi, la topographie l'explique, — dans tous les temps, les Pyrénées centrales se sont opposées, comme une digue, au double courant des invasions. Par la pensée, faites l'impossible : éventrez le chaînon transversal qui ferme le val d'Aran ; ouvrez à cette vallée espagnole une porte sur l'Espagne. Vous aurez changé la face des choses ; vous aurez imposé à la stratégie de nouvelles nécessités ; — ou bien, solution moins chimérique et plus consolante ! terminez les routes ébauchées ; préparez-en de nouvelles ; joignez Pau à Jaca, Ax à Urgel et Urgel à l'Espagne ; reliez Toulouse et Saragosse, et vous aurez creusé de nouveaux lits au torrent de la civilisation, à ce courant impétueux, dont la violence bienfaisante ne renverse que les préjugés !

III

De Perpignan à Barcelone. — Le chemin de fer de Bayonne à Madrid. — Développement du tracé. — Travaux d'art. — Avenir de la ligne. — Une strophe du chant d'Altabiçar. — Conclusion.

Sur les côtes de la Méditerranée, les ingénieurs songent à profiter, dans le plus bref délai, de la concession sollicitée et obtenue par la Compagnie du Midi, pour l'établissement d'un chemin de fer entre la France et l'Espagne. Ce chemin sera le

prolongement de la voie ferrée de Perpignan à Port-Vendres. L'État fera, dit-on, la plus grande partie des frais et ne laissera, à la charge de la Compagnie, que la pose des rails et les dépenses d'installation.

Partie de Port-Vendres, la ligne passera par Banyuls-sur-Mer, Llansa, Figuières, Girone, et rattachera ainsi Perpignan à Barcelone.

De Port-Vendres à Banyuls, on rencontre deux collines : l'une, qui forme le cap Bear, est celle que l'on gravit lorsqu'on va visiter le phare ; elle s'élève à 203 mètres au-dessus du niveau de la mer ; l'autre commence après l'anse des Paulilles et le petit ruisseau venant du pic de Taillefer. Il faudra franchir ces deux hauteurs.

Ce n'est pas tout. Pour aller aujourd'hui, par la voie de terre, de Banyuls au petit port de San Miguel de Culera, on s'élève, dans le voisinage des falaises, à 1 kilomètre environ du cap Cerbère, à 260 mètres au-dessus du niveau de la mer, afin d'atteindre le col des Balistres. Le chemin de fer passera sous ce col. — Puis la voie suivra d'assez près le littoral, touchera Llansa, et, à travers la Sierra de Rosas, gagnera Figuières, où elle se raccordera avec la voie ferrée de Girone à Barcelone.

A l'autre extrémité des Pyrénées, on n'en est plus à discuter des projets, à préparer des plans et à dresser des devis ; le problème est résolu : la route est ouverte. — Le 11 février 1864, une dépêche datée de Tolosa annonçait à la presse parisienne que le percement de la montagne était un fait accompli ; que le dernier rideau de pierre venait de tomber. Le 15 août suivant, le chemin de fer de Bayonne à Madrid était inauguré sous les auspices du roi lui-même.

Pour nous rendre un compte exact des travaux d'art exécutés sur le parcours, reprenons une dernière fois la route d'Espagne.

De Bayonne à la Bidassoa, nous compterons trois ponts et quatre tunnels.

Le premier pont est jeté sur l'Adour. Il est construit sur le modèle du pont métallique de Bordeaux, application du système moderne dans lequel le fer est ingénieusement substitué à la pierre. Il se compose d'une énorme poutre en tôle dans laquelle passent les trains. Cette poutre évidée repose sur quatre piles en fonte

remplies de béton. Les cinq travées n'ont pas la même ouverture : les deux extrêmes ont chacune 45 mètres ; les trois autres en ont 60.

Le deuxième pont joint les deux rives d'un affluent de l'Adour, la Nive, que nous avons longtemps côtoyée dans un autre itinéraire ; il est en tôle comme le premier et a 130 mètres d'ouverture. Il a été bâti dans le voisinage de la gare centrale des chemins de Bordeaux, de Toulouse et d'Irun.

Quant au troisième pont, il est jeté sur la Nivelle, que nous avons déjà franchie à Danchariaenea ; il a 45 mètres d'ouverture.

Parlons maintenant des souterrains.

On rencontre le premier tout près de la gare de Bayonne : le chemin de fer, en effet, s'engage presque immédiatement sous le coteau du Saint-Esprit, dans un tunnel de 150^{m}. Sur la rive gauche du fleuve, on trouve un second tunnel de 90 mètres de longueur, le souterrain de Mousserolles.

Après avoir dépassé la gare centrale, on laisse à l'ouest la route de terre.

La première station est située à une demi-lieue de Biarritz.

Au delà du lac Monriscot, on pénètre dans le souterrain de la Négresse, qui sert de trait-d'union entre le bassin de la Nive et celui de l'Ouhabia. Ce souterrain a 330 mètres de longueur. Un peu plus loin est le village de Saint-Jean-de-Luz [1], où se trouve la deuxième station.

Le dernier tunnel, le plus long de ceux qui existent entre Bayonne et la Bidassoa, a 400 mètres et passe sous les mamelons des redoutes, entre Ciboure et Hendaye.

La soudure des chemins de fer du midi de la France et du Nord de l'Espagne a lieu au pont de la Bidassoa, à 1600 mètres en amont de Fontarabie. Ce pont, qui appartient en commun aux deux compagnies, a 110 mètres de longueur entre les culées, et se compose de cinq arches en anse de panier. — De Bayonne au milieu du pont, le développement du tracé est de 33 à 35 kilomètres [2].

[1] Le mariage de Louis XIV avec la fille de Philippe IV fut célébré à Saint-Jean-de-Luz. Une chanson populaire en conserve le souvenir.

[2] C'est dans le voisinage du pont du chemin de fer, dans une petite île rongée par les eaux de la rivière, qu'eut lieu entre Louis XI et le roi de Castille, Henri IV, la fameuse conférence que nous raconte Commines. Cette entrevue n'est pas le seul événement politique dont ce lieu ait été le théâtre ou le témoin. En 1526, une barque apporta François Ier, en vue de l'*île de la Con-*

A partir de la Bidassoa, le profil en long du chemin peut être partagé en quatre régions : le versant nord des Pyrénées, le bassin de l'Èbre, le bassin du Duero et celui du Tage.

Le bassin nord des Pyrénées, de la Bidassoa, à 8 mètres au-dessus du niveau de la mer, à la tête amont du tunnel d'Otzaurte, comprend une longueur de.	93 kil.
Dans le bassin de l'Èbre, d'Otzaurte au faîte de la Brujula, à 934 mètres au-dessus du niveau de la mer, il y a.	154
Le pont de l'Èbre, à Miranda, point le plus bas du tracé dans cette région, est à la cote de 461 mètres.	
Du faîte de la Brujula au point culminant de la traversée de Guadarrama, c'est-à-dire au tunnel de la Cañada, à 1,360 mètres au-dessus du niveau de la mer, la distance est de.	295
Le pont du Duero, à 689 mètres d'altitude, est ici le point inférieur du chemin.	
Enfin le bassin du Tage, du tunnel de la Cañada à Madrid, comprend	97
Total, depuis les rives de la Bidassoa.	639 kil.

Le chemin se termine à l'altitude de 595 mètres.

Revenons, avec plus de détails, sur chacune des parties dont se compose le trajet.

La largeur de la voie n'est pas la même en Espagne qu'en France; il a donc fallu songer à établir, à la frontière, une gare de transbordement. Cette gare a été construite sur la rive gauche de l'estuaire de la Bidassoa, à Irun, ville de 7000 âmes, dépendant de la province de Guipuzcoa. De là le chemin descend vers la baie des Passages et arrive au palier de Saint-Sébastien, point le plus bas de toute la ligne, à 3^{m} 50 seulement au-dessus du niveau de la mer. — Entre Irun et Saint-Sébastien, une seule station, Renteria, et, auparavant, un tunnel joignant le bassin de la Bidassoa à celui de l'Oyarçun.

En quittant Saint-Sébastien, le chemin de fer entre dans le souterrain de Loyola, remonte l'Urumea et contourne les vallons de la chaîne Cantabrique.

férence, et échangea le roi captif contre deux princes du sang. En 1615, nouvel échange; il ne s'agit plus d'ôtages cette fois, mais de fiancées : Isabelle, fille de Henri IV, roi de France, destinée à Philippe IV, et la sœur de Philippe, Anne d'Autriche, destinée à Louis XIII. Enfin, c'est dans la même île que fut réglée entre don Luiz de Haro et Mazarin l'union de Louis XIV et de la fille de Philippe IV. On a raison, comme on le voit, de disputer ce lambeau de terre aux érosions du fleuve.

Nous sommes à Hernani. Ici, nous allons quitter la vallée de l'Urumea et gagner celle de l'Oria à Andoain, en passant, dans un souterrain de 1 kilomètre, sous le faîte qui sépare les deux vallées.

L'Oria est un ruisseau sinueux dont la voie ferrée ne peut suivre les méandres; aussi les ponts, les tunnels, les viaducs se succèdent-ils coup sur coup dans cette partie du chemin qui dessert Tolosa et Villafranca et vient aboutir à Beasain.

Nous ne sommes encore qu'à l'altitude de 157 mètres. Or, le faîte d'Otzaurte, qu'il s'agit d'atteindre, est à la cote de 615 mètres. Si, à vol d'oiseau, la distance de ces deux points était suffisante, il n'y aurait aucune difficulté à passer d'une altitude à l'autre. Mais cette distance ne dépasse pas 19 kilomètres, et le cahier des charges impose le chiffre de $0^{m},015$ comme limite supérieure des rampes à gravir. Il a donc été nécessaire d'allonger le trajet et de se condamner à des courbes d'un assez grand rayon. De là les détours du chemin qui suit d'abord à flanc de montagne la vallée supérieure de l'Oria. On évite, au moyen de viaducs et de tunnels, les mouvements trop brusques du terrain et l'on passe, après quelques replis, sous le faîte qui sépare le bassin de l'Oria et celui de l'Urola, torrent dont l'embouchure est située à cinq lieues et demie de Saint-Sébastien.

A partir de Zumarraga et pendant 10 kilomètres environ, on a un peu de répit; on peut respirer plus à l'aise. Malheureusement, à la Brincola, les difficultés se reproduisent et s'accroissent : encore quatorze tunnels à franchir! Dans cette partie du trajet, sur 12 kilomètres, c'est tout au plus si l'on en fait quatre et demi à ciel ouvert.

Nous touchons enfin le faîte d'Otzaurte.

Au delà, le tracé se poursuit sans peine jusqu'à Olazagutia, où finit la section dite des Pyrénées.

En résumé, comme on en peut juger par cette esquisse, tous les travaux sont accumulés entre Beasain et Zumarraga, d'une part, entre la Brincola et Otzaurte, d'autre part, c'est-à-dire sur un espace de 26 kilomètres environ. Entre ces limites, que d'ouvrages entassés l'un sur l'autre! D'énormes remblais, de profondes tranchées, deux grands viaducs : — l'un à Ozmaiztegui, l'autre sur le ravin de Salera; le premier ayant 280 mètres de longueur et 31 mètres de hauteur; le second ayant 30 mètres de hauteur et

118 mètres d'ouverture ; — enfin vingt-deux tunnels parmi lesquels on peut citer ceux d'Oazurza, d'Osinetta et d'Otzaurte, dont les longueurs respectives sont 2953 mètres, 720 mètres et 1158 mètres.

Un instant on s'est demandé s'il ne serait pas plus avantageux, quoique de grands travaux eussent déjà été faits, de renoncer au tracé que nous venons de décrire, tant, dans ces régions, la nature semble hostile à l'homme ! Les pierres propres aux constructions manquent presque complétement; on a été dans la nécessité d'installer sur place des briqueteries ; — on ne trouve pas de sable ; on a dû le remplacer par l'argile cuite et broyée ; — les bancs calcaires, les roches schistoïdes que l'on attaque sont éboulcuses ; les couches de marnes glissent sous le poids des remblais ou se précipitent dans les tranchées ; il a fallu, pour arrêter les éboulements qui prenaient des proportions menaçantes, établir un système complet de drainage conduisant, sous les marnes, les eaux qui rendent ces roches savonneuses et glissantes. Ajoutez à cela que, presque partout, pendant les travaux, les infiltrations ont nécessité l'installation de puissantes machines d'épuisement mues par la vapeur. Nouvelle source d'embarras.

Dans le percement des tunnels et la construction des tranchées, toutes les ressources que fournit l'art de l'ingénieur ont été mises à profit. Le cas le plus simple, celui qui se présente quand on perce des terrains n'exerçant qu'une poussée verticale, s'est rarement produit. La plupart du temps, on a eu à traverser des couches rendues glissantes par l'humidité ; pour résister aux pressions latérales, il a fallu prolonger les voûtes jusqu'aux radiers. Quelquefois même, les poussées ont été si fortes, qu'on a dû, sous les radiers, opposer des voûtes aux voûtes supérieures. Tout a été pénible, sinon original, dans cette création : les sondages, le tracé, jusqu'au percement des puits qui permettent d'attaquer les roches sur plusieurs points, et qui servent, plus tard, quand le tunnel est achevé, de cheminées d'aération. Ces puits, dont la distance moyenne est, dans les cas ordinaires, fixée à 200 mètres environ, n'ont souvent pu être pratiqués que de loin en loin ; par exemple, au-dessus du souterrain d'Oazurza qui a près de 3 kilomètres de longueur, la hauteur de la montagne était telle, que les points d'attaque ont dû être réduits à un petit nombre. — On a d'ailleurs fait sauter les roches tantôt par les pro-

cédés usuels, tantôt en se servant d'appareils analogues à ceux qu'on applique au mont Thabor.

Les ingénieurs se reposent aujourd'hui de leurs peines en faisant de la statistique ; ils accumulent les chiffres après avoir remué les rochers. Profitons des renseignements qu'ils nous donnent. — Pendant la durée des travaux, le nombre moyen des ouvriers employés chaque jour a été de 8 000 ; pour percer les faîtes ou creuser des tranchées, on a brûlé 190000 kilogrammes de poudre; le volume des maçonneries s'est élevé à 52000 mètres cubes et celui des terrassements à 2770600^{m}. Ces nombres sont gros d'enseignements [1].

Quel avenir est réservé au chemin de Madrid à Paris ? Est-ce par là que communiqueront désormais la France et l'Espagne? En vérité, la question semble puérile. Elle a cependant été posée par des esprits sérieux, et mérite, par suite, une réponse.

Madrid est devenu le centre commercial de l'Espagne. Deux voies sont ouvertes à ses produits : la voie de terre et la voie de mer. Laquelle choisira-t-on? Évidemment la plus courte, la plus sûre et la plus économique. La plus courte est la voie de terre, non-seulement parce que la distance à parcourir est moindre, mais parce qu'on évite des transbordements et, par conséquent, des lenteurs. Elle est en même temps la plus sûre, puisqu'elle supprime les risques de mer.

Est-elle la plus économique ?

De Madrid à Paris, par Alicante et Marseille, les prix actuels de transport varient entre 380 fr. et 400 fr. par tonne. D'après les conventions que signent les Compagnies d'Orléans, du Midi de la France et du Nord de l'Espagne, le transport ne reviendra pas dorénavant à plus de 310 francs par tonne. « La voie de terre, fait observer avec raison, dans un excellent article, l'un des rédacteurs du journal *le Crédit public*, est si bien la voie normale entre Madrid et Paris, que la Compagnie d'Alicante elle-même fait en ce moment transporter, par le chemin du nord de l'Espagne, le matériel roulant qu'elle fait venir de Belgique et de France. Ce fait n'est-il pas curieux et surtout plein d'aveux ? »

A quoi bon d'ailleurs cet examen et ces calculs? Une voix secrète

[1] Ces chiffres et la plupart des renseignements que nous donnons sont empruntés à une note que nous a communiquée la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

nous invite à briser les barrières qui séparent les peuples. Cette voix, partie d'en haut, ne peut être trompeuse. — Sans entrer dans de mesquines considérations, sans nous demander si nous trouverons notre profit à l'écouter, théorie misérable et dangereuse, obéissons avec confiance aux inspirations qu'elle nous suggère. La vue de l'homme est courte ; ce qu'il croit le plus contraire à ses intérêts est souvent ce qui les sert le mieux. Ayons la foi qui sauve. Applaudissons aux tentatives hardies; réjouissons-nous *à priori* des conquêtes scientifiques ; glorifions-les ! « Tout gravite vers une majestueuse union, au sein de laquelle chaque peuple, fortifié et affermi, verra se développer ses qualités natives et remplira plus utilement le rôle assigné à son génie [1]. »

De telles transformations ne se font pas en un jour ; mais si le progrès s'accomplit lentement, il marche d'un pas sûr. Écoutez ces fragments de strophes empruntés au chant d'Altabiçar, version Navarraise de notre poëme de Roland :

Qu'avaient-ils à faire dans nos montagnes, ces hommes du Nord ?
Pourquoi viennent-ils troubler notre paix ?
Quand Dieu fait des montagnes,
C'est pour que les hommes ne les franchissent pas.
. . . . . .
Unissons nos bras nerveux, déracinons ces rochers,
Et, du haut de nos monts, lançons-les
Jusque sur leurs têtes !
Écrasons-les ! tuons-les [2] !

Les montagnards des Pyrénées célèbrent l'extermination des Franks par des cris de guerre. L'invasion du 15 août est accueillie par des fêtes nationales. — Le contraste est saisissant.

E. Menu de Saint-Mesmin.

[1] Discours de M. Isaac Pereire à l'inauguration du chemin de fer du Nord de l'Espagne.

[2] *Histoire de France*, par Henri Martin. Tome II. Éclaircissements. Paris. Furne, 1855.

II

ÉTUDE SUR LA VENTILATION

HOPITAUX — THÉATRES

I

Généralités. — Comment l'air pur s'altère. — Ventilation des habitations particulières. — Quantités d'air nécessaires à une bonne ventilation. — Anémomètres.

Voltaire qui, au milieu de ses nombreux travaux, s'est occupé parfois de discussions scientifiques, mais qui vivait à une époque où la chimie n'avait pas encore étudié et classé les corps, se pose quelque part cette question qui serait naïve pour un homme de notre siècle : « Y a-t-il de l'air ? — Quelques philosophes en doutent encore, répond-il ? [1] »

De nos jours, non-seulement il n'y a plus aucun doute sur l'existence de l'air, mais tout le monde en sait la composition : un cinquième d'oxygène, quatre cinquièmes d'azote, des traces d'acide carbonique, etc. [2]. Tout le monde connaît aussi la salutaire influence de l'air pur sur notre économie ; c'est par la présence de l'oxygène contenu dans l'air que se fait la transformation du sang veineux en sang artériel, transformation qui s'effectue en vertu de la dissolution de l'oxygène et de l'émission de l'acide carbonique, gaz impropre à la respiration.

Dans un espace clos où respirent une ou plusieurs personnes l'air doit donc être renouvelé constamment, et en quantité d'autant plus considérable, qu'il y aura un plus grand nombre de personnes réunies, de manière à introduire non-seulement la quantité d'oxygène indispensable à la respiration, mais encore une masse d'air suffisante, pour que l'acide carbonique produit à chaque instant ne forme jamais qu'une très-faible fraction du volume total. Dans ses intéressantes recherches sur la composition de l'air confiné, M. Leblanc a démontré, en effet, que lors-

[1] *Œuvres de Voltaire*, Dictionnaire philosophique : Air.

[2] Voir dans *l'Annuaire de* 1863, la composition de l'atmosphère, p. 113.

qu'il y avait dans l'air 1 p. 100 d'acide carbonique, on éprouvait déjà une sensation de malaise prononcée.

Nous nous proposons de résumer ici les travaux que M. le général Morin, directeur du Conservatoire des arts et métiers, a publiés[1] récemment sur cet intéressant sujet. Habile et savant expérimentateur, il a dirigé lui-même la plupart des expériences, et il a en outre discuté les résultats qui lui ont été communiqués.

L'importance d'une pareille étude est incontestable ; néanmoins, il nous semble utile de faire connaître l'influence de la ventilation régulière sur la santé des malheureux qui séjournent dans les hôpitaux, ou plutôt les funestes conséquences de l'absence de toute ventilation.

Des médecins ont observé un très-grand nombre de cas de maladies contagieuses se transmettant d'un lit à l'autre, par suite du même air non renouvelé que respiraient les mêmes individus. « Il est heureux, dit très-judicieusement M. Th. Grouvelle, ingénieur très-connu par ses travaux sur la conduite des machines à vapeur et sur des appareils pour le chauffage et la ventilation, qu'on ait déjà démoli pour cette cause une partie des anciens bâtiments de l'Hôtel-Dieu[2]. » Il serait à souhaiter qu'on en fît autant pour l'hôpital de la Maternité à Paris, où l'insuffisance de l'air, si nécessaire en très-grande quantité aux femmes en couches, cause une mortalité effrayante.

Un hôpital important en Russie était devenu tellement insalubre, qu'il dut être abandonné pendant six mois, en laissant toutes les fenêtres et les portes ouvertes ; des malades y furent alors installés, et le fléau contagieux reprit aussitôt toute son intensité. On ne put rendre la salubrité à cet établissement qu'en le faisant évacuer une seconde fois, pour abattre tous les enduits et

[1] *Études sur la Ventilation*, par Arthur Morin. Paris, 2 vol. Hachette 1863.

[2] *Annales du génie civil* (1re année), Chauffage et Ventilation des hôpitaux, par M. Ph. Grouvelle. Paris, Lacroix, 1862. — Le lecteur consultera avec fruit sur ce sujet la brochure remarquable de notre collaborateur M. le Dr U. Trélat, chirurgien des hôpitaux, dans laquelle sont très-sérieusement discutés, l'emplacement, la grandeur et la disposition intérieure du nouvel Hôtel-Dieu. Paris, Guillaumin. 1864.

revêtements intérieurs qui furent refaits à neuf : les germes des ferments putrides avaient pénétré dans les murs, cloisons, etc.

On aurait pu appliquer avec succès, dans cette circonstance, un procédé simple que M. de Lapparent, directeur des constructions navales, a proposé l'année dernière à la commission d'hygiène. Ce procédé consiste à promener sur tous les murs, ou plus généralement sur toutes les parois intérieures des lieux infectés, un jet de gaz combustible enflammé, dont l'intensité calorifique peut encore être augmentée par une petite soufflerie à pédale. On conçoit, en effet, qu'en promenant un tel chalumeau à gaz sur les parois d'un lieu insalubre, on puisse brûler les miasmes qui se seront logés dans l'intérieur des bois et des maçonneries : le chlore est employé comme désinfectant, parce que, en raison de sa très-grande affinité pour l'hydrogène, il détruit les principes délétères. A l'aide du chalumeau à gaz, ces substances seront décomposées en vertu de l'affinité du carbone pour l'oxygène. C'est dans l'un et l'autre cas une véritable combustion.

En Crimée, au siège de Sébastopol, la mortalité était sensiblement moins grande dans les ambulances établies sous les tentes que dans celles installées dans les bâtiments. Enfin, pendant la campagne d'Italie, quelques jours après la bataille de Solferino, nous avions été chargé, par ordre du quartier général, de nous rendre rapidement à Brescia, avec un grand nombre de caissons, pour y prendre de nouvelles munitions destinées à remplacer celles que nos soldats avaient épuisées si vaillamment. Pendant une partie de la journée passée dans cette ville, nous visitâmes les blessés de l'armée franco-sarde qui avaient été recueillis par les habitants ou installés dans les grands édifices, et principalement dans la cathédrale, *Il Duomo*, église transformée alors en un véritable hôpital. Nous fûmes frappé de la mauvaise odeur qui régnait dans cette vaste enceinte encombrée de malades, dans laquelle aucune disposition pour la ventilation, dans un pareil cas et pendant une telle saison, n'avait pu être ménagée.

Avant de commencer la description des procédés à l'aide desquels on peut assainir les lieux habités, posons le problème de la ventilation dans toute sa généralité. Lorsque dans une salle fermée plus ou moins hermétiquement, séjournent un certain nombre de personnes, nous l'avons vu, l'air est vicié par plusieurs causes : en premier lieu, par les émanations de la perspiration

pulmonaire et cutanée ; puis, par la respiration ; et enfin, par la combustion des appareils destinés à l'éclairage. Il faut donc déterminer la sortie de cet air vicié et favoriser la rentrée de l'air extérieur dans des proportions convenables, d'où résulte, en apparence, une double difficulté ; mais la principale, comme le dit clairement M. le général Morin, réside dans l'évacuation de l'air vicié. La rentrée de l'air extérieur se fera d'elle-même par tous les joints des portes et des fenêtres, car pour parler ici avec les fontainiers de Florence, le langage scientifique suranné du dix-septième siècle ; la nature n'a-t-elle pas horreur du vide ? C'est au moins ce qui se passe dans les habitations particulières, où la ventilation se fait simplement, l'été, par les ouvertures des portes et des fenêtres ; l'hiver, par les cheminées.

Lorsqu'un foyer est allumé, la combustion ne peut avoir lieu qu'en présence de l'air ; cet air chauffé augmente de volume, s'élève dans le conduit en raison de sa plus faible densité, et *appelle*, de l'extérieur vers l'intérieur, une nouvelle quantité d'air. Tel est le principe de *l'appel*. Il suffit d'ailleurs, pour qu'un mouvement de ce fluide se produise, qu'il y ait une différence de température, et par suite une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur, ainsi que le démontrent les petits appareils à rotation placés comme ventilateurs dans toutes les pièces éclairées au gaz. L'air s'élève donc dans une cheminée parce qu'il y a une différence entre la température de l'appartement et celle du mélange gazeux qui s'échappe par le tuyau ; cette inégalité de température établit une différence de poids à égalité de volume, de sorte que l'air chaud plus léger monte vers la partie la plus élevée du conduit, de même qu'un ballon s'élève vers les régions supérieures de l'atmosphère. La force qui détermine ce mouvement porte en aérostatique le nom de force ascensionnelle, et, dans la construction des cheminées, celui de tirage ; le tirage augmente évidemment avec l'intensité du foyer et avec la hauteur du conduit d'échappement, pourvu toutefois qu'on ne dépasse pas certaines limites, à cause des frottements des gaz, contre les faces de ce conduit, frottements qui tendent à diminuer la vitesse initiale. La quantité d'air qui s'échappe ainsi est continuellement remplacée par l'air extérieur qui s'introduit dans les intervalles plus ou moins grands des joints des portes et fenêtres ; aussi, lorsqu'on bouche trop bien ces ouver-

tures, le tirage se ralentit, puisque l'air extérieur ne peut plus pénétrer pour continuer le mouvement ascensionnel des gaz de la combustion. La fumée, soumise à l'action seule de la pression extérieure qui agit à l'extrémité du tuyau, se rabat dans l'appartement, et, comme on dit habituellement, la cheminée fume. Journellement, lorsqu'une cheminée fume, en ouvrant une porte ou une fenêtre, on fait disparaître ce désagrément en déterminant l'évacuation des gaz par le tuyau d'échappement. On comprend donc comment une cheminée bien organisée, si elle n'est jamais un appareil économique de chauffage, puisqu'elle ne renvoie dans l'appartement qu'une faible partie de la chaleur développée par le combustible, peut être néanmoins un bon appareil pour la ventilation.

Mais dans les salles où se réunissent constamment, ou à un moment donné, un grand nombre de personnes, on ne tarde pas à être incommodé lorsque aucune disposition spéciale n'a été prise à l'avance. Si ces personnes sont des malades ou des blessés qui, par la nature de leurs maladies ou de leurs blessures, exhalent des principes qui vicient promptement l'air environnant, il est indispensable, pour renouveler cet air, d'avoir recours à des procédés suffisamment énergiques, et de fixer avant tout la quantité d'air à évacuer dans un temps donné. Ces volumes d'air nécessaires à chaque individu varient avec la nature des locaux à ventiler et ne peuvent être réglés qu'à la suite de nombreuses observations; ce n'est que depuis quelques années, depuis la construction des grands hôpitaux et des nouvelles salles de théâtre, qu'on a compris la nécessité de cette évaluation; les nombres antérieurement admis étaient beaucoup trop faibles. Nous avons extrait les chiffres suivants qui représentent ces quantités d'air exprimées en mètres cubes, par heure et par individu, d'un rapport de M. le général Morin.

		MÈTRES CUBES
Hôpitaux :	malades ordinaires	70
—	Blessés et femmes en couches	80 à 100
—	En temps d'épidémie	150
Prisons		50
Ateliers ordinaires		60
Ateliers insalubres		100
Casernes	de jour	30
	de nuit	40 à 50

	MÈTRES CUBES.
Salles de spectacle, théâtres	40 à 50
Salles d'assemblées prolongées	60
Écoles d'enfants	15 à 20
Écoles d'adultes	30 à 40
Écuries	180 à 200

Pour se rendre compte de la quantité d'air qui s'échappe pendant un temps donné, on emploie des instruments appelés anémomètres, qui, comme leur nom l'indique, servent à mesurer la vitesse du vent. Le plus ancien anémomètre est celui de Wolf: son invention remonte à 1708; l'anémomètre de Lind vint ensuite; plus tard on propose un appareil plus original qu'exact, imaginé par Delamanon, et qui consistait en vingt et un tuyaux formant un véritable jeu d'orgues composé de trois octaves. On concluait l'intensité du courant d'après la note la plus élevée qui sortait de cet instrument musical.

Parmi les anémomètres qui ont servi aux expériences faites dans les dernières années sur la ventilation, celui de M. Combes a été le plus généralement employé. Il se compose d'un moulinet formé par quatre ailettes en mica, montées sur un arbre métallique qui tourne avec le moulinet; la vitesse est beaucoup trop grande pour qu'il soit possible de compter le nombre de tours des ailes. De même que dans les mouvements d'horlogerie, au moyen d'engrenages convenablement calculés, on transmet à un dernier organe le mouvement du moteur primitif en le ralentissant dans une proportion donnée, on a mis l'arbre du moulinet en communication avec des roues dentées, qui font un nombre de tours connu pour un certain nombre de tours du moulinet. On note alors les résultats indiqués par la dernière roue qui marche assez lentement pour permettre de semblables observations, et, à l'aide d'une formule algébrique très-simple, on déduit la vitesse du courant des nombres ainsi obtenus.

M. le général Morin a perfectionné cet appareil, et l'a disposé de manière à pouvoir faire non-seulement des observations continues, mais encore des observations fractionnées, à des intervalles de temps déterminés. M. Neumann a imaginé, pour compléter l'anémomètre, un nouveau cadran divisé qui donne les mille tours. Enfin, M. Mangon, ingénieur des ponts et chaussées, a donné récemment la description d'un instrument, qui se compose d'un

anémomètre proprement dit, et d'un enregistreur, lequel donne la vitesse et la direction du vent, par l'application ingénieuse du courant électrique au mécanisme de l'anémomètre.

II

Des divers systèmes de ventilation. — Leur application à l'hôpital Lariboisière et à l'hôpital militaire de Vincennes.

Deux procédés généraux, très-différents l'un de l'autre, ont été adoptés pour la ventilation des salles réservées à un grand nombre de personnes. Celui qui a été appliqué le premier consiste dans l'introduction et l'extraction de l'air par appel : ce principe est exactement le même que celui en vertu duquel fonctionnent les cheminées des habitations particulières, mais avec des moyens plus efficaces et proportionnés dans chaque cas aux effets qu'on veut obtenir. Dans ce système les appareils opèrent par aspiration, soit en introduisant l'air par la partie inférieure et en déterminant son échappement par la partie supérieure, ce qui compose le système d'appel en contre-bas ; soit en faisant arriver l'air par la partie supérieure et effectuant sa sortie par le bas, ce qui constitue le système d'appel en contre-haut.

Le second mode général de ventilation opère par insufflation à l'aide d'appareils mécaniques, tels que ventilateurs de toutes sortes, machines soufflantes, etc., qui lancent l'air dans les locaux à ventiler, d'où il sort ensuite par des ouvertures convenablement ménagées.

Il est, pour ainsi dire, impossible de déterminer à l'avance le système de ventilation auquel on devra avoir recours dans un cas donné : il faut évidemment, pour ce choix, étudier avec soin les conditions du programme imposé, tenir compte des quantités d'air, de la durée de la ventilation (elle peut être constante, comme dans les hôpitaux, où il faut renouveler l'air pendant le jour et surtout pendant la nuit; ou bien intermittente, comme dans les théâtres), des dépenses affectées à cette partie de la construction, etc. D'ailleurs, d'après l'opinion d'un savant fort compétent en cette matière, M. le docteur Tripier : « On ne doit pas avoir la prétention de ventiler exclusivement par appel ou par injection ; toujours il y a l'un et l'autre, ou, pour éviter l'équivoque tenant

au sens restreint de ces mots, entrée et sortie... Pour ventiler convenablement et bien, il est nécessaire de combiner ces deux moyens dans des proportions qui varient suivant les indications hygiéniques à remplir et suivant la disposition des lieux[1]. »

Pour bien comprendre ces différents modes de ventilation, il nous paraît intéressant d'examiner ce qui a déjà été fait dans l'un et l'autre système, et de résumer les avantages et les inconvénients des dispositifs qui ont été adoptés dans ces dernières années, pour assurer une ventilation convenable dans les principaux établissements publics de la ville de Paris.

Hôpital Lariboisière. — Les trois pavillons destinés aux hommes sont ventilés par insufflation ; ils sont symétriques aux trois pavillons réservés aux femmes, lesquels sont ventilés par appel.

Les appareils mécaniques, à l'aide desquels les premiers pavillons reçoivent l'air, se composent de deux machines à vapeur faisant fonctionner deux ventilateurs placés dans le sous-sol. Ces ventilateurs reçoivent l'air d'une grande cheminée qui longe le clocher de la chapelle : on avait pensé qu'il était utile d'établir la prise d'air à une grande hauteur. Malheureusement, l'air introduit dans les salles n'est pas exclusivement amené par cette cheminée ; l'air qui vient des caves, et qui a séjourné dans les chambres des machines, est lancé aussi en proportion considérable, puisqu'il compose environ la moitié du volume total. Or, cet air est malsain, il a une mauvaise odeur, et parfois il est à une température beaucoup trop élevée. En présence de ces inconvénients, il paraît évident qu'il n'est pas nécessaire d'élever de coûteuses constructions pour aller chercher l'air à une grande hauteur.

Pour favoriser l'évacuation de l'air vicié, on a pratiqué, dans chaque trumeau, des ouvertures par lesquelles l'air s'échappe dans des canaux creusés dans l'intérieur des murs, et parvient ainsi jusque dans les combles, où il arrive jusqu'à une cheminée d'appel.

Les expériences faites par le général Morin dans ces pavillons ont démontré que la sortie de l'air se fait principalement par appel, et que les ventilateurs, disposés comme ils le sont, ne jouent qu'un faible rôle dans la ventilation totale, puisque leur effet se réduit aux quinze centièmes des résultats obtenus, et souvent moins. En

[1] *Assainissement des Théâtres*, par le docteur A. Tripier. Paris, J. B. Baillère et fils, 1864.

outre, l'air est inégalement réparti : l'action est plus énergique au rez-de-chaussée qu'aux étages, et la distribution de l'air ne se fait même pas uniformément dans les salles. L'effet produit par ces ventilateurs est donc bien inférieur aux résultats sur lesquels on avait cru pouvoir compter.

La ventilation des pavillons occupés par les femmes se fait exclusivement par appel ; il est produit par la chaleur développée par les appareils de chauffage. L'air pénètre dans les salles, soit par des gaînes verticales placées dans l'épaisseur des murs extrêmes, ou par des conduits horizontaux qui communiquent directement avec l'extérieur ; dans les deux cas, l'air se rend dans un tube central placé dans l'axe de chaque salle, et dans lequel passent les conduites d'eau. La distribution de l'air ne se fait pas non plus ici uniformément, et, en outre, à cause des dimensions trop faibles des tuyaux, il ne peut entrer dans les salles que quarante mètres cubes, par heure et par lit, quantité insuffisante pendant le printemps et l'été ; aussi l'air extérieur, pour compenser l'air évacué, pénètre-t-il par les portes et les fenêtres, ce qui, dans un hôpital, peut présenter de graves inconvénients. L'air vicié sort, comme dans les autres pavillons, par des orifices pratiqués dans les trumeaux, entre les lits, le plus près possible des malades. Cet air s'engage ainsi dans des canaux indépendants les uns des autres, et s'élève jusque dans une chambre située au bas de la cheminée d'appel, où sa force ascensionnelle est encore augmentée par le contact d'un récipient central, entouré de seize autres récipients d'eau chaude.

Hôpital militaire de Vincennes. — L'hôpital militaire de Vincennes a été construit en 1857 ; la ventilation a été confiée par le ministre de la guerre, à la suite d'un concours public, à M. Ph. Grouvelle, ingénieur civil, dont nous avons déjà cité le nom dans le courant de cet article. Cet hôpital se compose de deux ailes habitées par les malades, et d'un bâtiment central pour l'administration, le service médical, etc. La coupe longitudinale d'une des ailes comprend trois pavillons : un au centre, et un à chaque extrémité, reliés entre eux par deux corps de bâtiment, de manière à former un ensemble continu qui possède un rez-de-chaussée, deux étages et des combles.

Deux chaudières placées dans le sous-sol servent à la fois au chauffage et à la ventilation qui se fait par appel. L'air extérieur

pénètre dans un soubassement, pour se répandre dans des conduits verticaux qui s'élèvent jusqu'au dernier étage. A l'entrée de chaque conduit, un poêle détermine le mouvement de l'air vers la partie supérieure, en remplissant les fonctions d'un appareil d'insufflation. Les planchers du sous-sol, du premier et du deuxième étage sont en communication avec ces gaînes, par des orifices qui laissent pénétrer l'air dans l'intérieur de chacun des planchers, entre le hourdis et le parquet. Dans l'axe des salles, règne un long conduit de distribution qui amène l'air par les calorifères et par des ouvertures pratiquées de distance en distance dans le plancher même.

L'air vicié s'échappe par des ouvertures munies de ventelles placées dans les trumeaux, et se rend dans de nouvelles gaînes verticales, dans lesquelles il a un mouvement descendant déterminé par une grande cheminée d'appel placée au centre de l'édifice : ces dernières gaînes communiquent avec un conduit souterrain incliné qui vient aboutir à la cheminée d'appel. Les produits gazeux de la combustion de la houille dans les foyers des deux deux chaudières, s'échappant par cette cheminée, enveloppent le tube central, de sorte que la colonne d'air vicié qu'il contient s'échauffe et s'élève jusqu'à l'orifice supérieur par lequel elle sort. Il y a dans cet ensemble une combinaison ingénieuse du système d'appel en contre-bas et du système par insufflation, l'insufflation étant due, non pas à des procédés mécaniques qui n'auraient pas été acceptés dans le cas actuel, mais à des différences de température qui lancent aussi régulièrement que possible l'air dans les salles.

Il n'a pas été possible de comprendre dans ce système les combles, parce qu'ils sont à une trop grande hauteur au-dessus de l'entrée de la cheminée d'appel, ni les pavillons extrêmes, parce qu'on a craint que les mouvements d'un trop grand nombre de colonnes d'air ne produisissent des chocs qui auraient pu mettre obstacle à la régularité de la ventilation des autres parties de cette construction.

La dépense annuelle de la ventilation ainsi organisée, fixée à raison de 1 fr. 25 par mille mètres cubes d'air extrait par heure pendant 24 heures, s'est élevée à 4,700 francs, ce qui correspond à 23 fr. 50 par lit. Si on tient compte, avec les frais de ventilation, des frais de chauffage, de l'entretien des appareils et

des intérêts d'amortissement du capital à 10 pour 100, on trouve que la dépense annuelle totale du système Grouvelle est de 106 fr. 03 par lit, tandis que, avec les appareils L. Duvoir à Lariboisière, elle n'est que de 91 fr. 40.

Dans un rapport sur le chauffage et la ventilation de l'hôpital militaire de Vincennes, M. le commandant du génie Benoît s'exprime ainsi : « Le système de M. Ph. Grouvelle ne laisse certainement rien à désirer dans les résultats normaux. »

III

Des théâtres. — Considérations générales. — Éclairage. — Chauffage. — Ventilation.

Il y a longtemps déjà qu'on récitait aux Grecs assemblés les poésies d'Homère ; il y a longtemps aussi qu'on représentait devant eux les tragédies d'Eschyle, de Sophocle et d'Euripide, « non dans des coffres, sur des planches et l'argent à la main [1], » mais libres, en plein air, dans de vastes amphithéâtres qui pouvaient contenir un nombre considérable de spectateurs [2]. Les temps sont changés, les mœurs ne sont plus les mêmes, et nous devons nous résigner à donner notre argent pour pénétrer dans des salles presque toujours trop bien fermées, et dans lesquelles on entend rarement des œuvres d'une telle valeur. On a cherché, il est vrai, à améliorer les théâtres modernes et à les rendre plus confortables, en tenant compte des conditions spéciales dans lesquelles ont lieu les représentations ; mais nous croyons qu'on a trop peu fait jusqu'ici dans cette voie, et nous ne saurions trop faire l'éloge des considérations générales présentées par M. E. Trélat, professeur de construction civile au Conservatoire impérial des arts et métiers, dans un opuscule intitulé le *Théâtre de l'Architecte* [3]. L'auteur propose de ménager, pour chaque théâtre, un square exclusivement réservé, le soir, au public de la salle ; un promenoir couvert, des galeries extérieures, etc., afin de procurer aux spectateurs, pendant les entr'actes, des repos agréables qui délasseront des fatigues main-

[1] Jean-Jacques Rousseau.

Le Grand Cirque à Rome pouvait contenir 150,000 spectateurs d'après Denys d'Harlicarnasse ; 260,000 selon Pline ; 385,000 d'après Publius Victor.

[3] Paris, A. Morel et Ce, 1860.

tenant accumulées pendant les quatre ou cinq heures de la représentation.

La ventilation des salles de spectacle offre de nombreuses difficultés dont on s'était peu préoccupé, par négligence et par ignorance, dans les anciens théâtres construits à Paris. Qu'on veuille bien se rappeler toutes les mauvaises dispositions que présentaient les salles qui ont été récemment abattues, et notamment celle du théâtre du Cirque dans laquelle on restait trop longtemps plongé dans la fumée de la poudre, brûlée avec tant de prodigalité pour populariser les victoires de l'armée française. Dès que l'expropriation de ces théâtres fut décidée, on aurait dû commencer des expériences sur la ventilation ; mais ce ne fut qu'en 1861, tandis qu'on construisait déjà les nouveaux thâtres de la place du Châtelet, qu'on nomma, pour examiner les différents projets, une commission présidée par M. Dumas, membre de l'Institut, et dont M. le général Morin était le rapporteur.

Malgré les travaux de cette commission qui fut chargée de se prononcer, non-seulement sur les appareils de la ventilation, mais encore sur les meilleurs systèmes pour le chauffage et l'éclairage, malgré les avis basés sur des expériences concluantes des savants qui la composaient, il y eut de nombreuses hésitations pour adopter les programmes arrêtés. On a fait, puis défait pour recommencer, et tout en dépensant beaucoup d'argent, on est loin d'être parvenu encore à un résultat satisfaisant.

L'éclairage des théâtres a reçu de grandes modifications. Nos salles de spectacle doivent être très-bien éclairées, surtout pendant les entr'actes, parce que, en général, si on vient au théâtre pour voir, on aime bien aussi à y être vu. Une des grandes préoccupations des architectes doit être certainement de décorer les salles de manière à faire ressortir les charmantes toilettes, que les dames y étalent avec tant de complaisance.

Dans les trois grands théâtres nouvellement construits, on a adopté les dispositions préconisées par M. Trélat dès 1860 : on a renoncé au lustre et ménagé dans le cintre un dôme séparé de la salle par une enveloppe vitrée, au-dessus de laquelle brûlent 1180 becs de gaz au théâtre Lyrique, 1470 au théâtre de la Gaîté, 1506 au théâtre du Châtelet. La chaleur développée par la combustion de ce grand nombre de becs est capable de produire un appel énergique et destinée à contribuer dans

une proportion considérable à la ventilation de la salle. Mais MM. les directeurs de ces théâtres, ne cherchant pas à se rendre compte de la quantité de gaz brûlé nécessaire pour déterminer l'évacuation de l'air vicié, sachant, au contraire, très-bien calculer le bénéfice obtenu en abaissant cette consommation, ont eu la malencontreuse idée, pour le public, de diminuer autant que possible l'éclairage. Malgré la liberté des théâtres, nous ne croyons pas impossible de soumettre au contrôle journalier d'agents spéciaux non-seulement l'éclairage, mais encore le chauffage et la ventilation. Les pièces représentées sont toutes soumises à l'approbation de la censure, pourquoi ne pas apporter le même empressement pour assurer aux spectateurs la jouissance de toutes leurs aises et de toutes leurs commodités?

Un autre mode d'éclairage, appliqué au théâtre de Toulon et à la nouvelle salle des Bouffes-Parisiens, consiste en torchères fixées tout autour de la salle ; c'est aussi la disposition adoptée il y a longtemps dans la jolie salle du palais de Versailles, disposition qui permet de profiter, pour l'effet général, de la décoration du plafond masqué par le lustre, et qui est toujours forcément une surface vitrée dans le système décrit précédemment. Le nouveau théâtre de Toulon, que nous avons visité au mois de décembre 1863, est donc éclairé par des torchères fixées aux colonnes, à la hauteur des secondes loges : toute la partie haute de la salle est convenablement éclairée, mais l'éclat des lumières fatigue les spectateurs des deuxièmes et troisièmes loges. En outre, les premières loges et le balcon restent dans l'ombre, parce que la galerie supérieure avance trop ; et quoiqu'on ait ajouté des lampes munies de verres dépolis, cet étage est toujours un peu sombre. Malgré ces imperfections, ce système, ne serait-il examiné qu'au seul point de vue de l'éclairage, nous a paru préférable au lustre qui cache la scène à un très-grand nombre de spectateurs.

L'éclairage de la scène a été également amélioré : les modifications n'ont pas été pourtant aussi radicales que dans la salle. La scène est, en effet, toujours éclairée par une rampe, c'est-à-dire par une rangée de lumières qu'on élève ou qu'on abaisse à volonté. Si, au moins dans les théâtres où l'on danse, cette rampe a, pour certains spectateurs, l'avantage que nous ne voulons pas discuter ici, de faire voir les jambes des danseuses aussi bien qu'on peut le désirer, il faut reconnaître aussi qu'en général la scène est

bien éclairée, et qu'il paraît difficile, à première vue, d'adapter une autre disposition aux exigences nombreuses de cette partie importante du théâtre. Mais la rampe employée jusqu'ici incommode les acteurs par son éclat, par sa haute température, et enfin il y a des dangers dont on a eu malheureusement trop de preuves.

On a placé à l'Opéra, il y a quelques mois seulement, une nouvelle rampe que nous avons pu examiner en détail, grâce à l'extrême complaisance de M. Obin, artiste distingué de ce théâtre. La flamme de chacun des becs n'est plus dirigée du bas vers le haut, mais bien du haut vers le bas : en un mot, elle est renversée, et de même qu'une flamme ordinaire demeure sans action sur les objets situés au-dessous, celle-ci ne peut agir sur ce qui est placé au-dessus. Or, lorsqu'un corps brûle, la flamme est très-facilement mobile et suit la direction d'un courant d'air lancé sur elle : si donc on détermine un courant du haut vers le bas, la flamme s'inclinera de même. Les becs sont disposés à la partie supérieure des verres qui les entourent, et l'intérieur de ces verres est en communication, par de petits tubes, avec un tuyau longitudinal aux extrémités duquel fonctionnent des cheminées d'appel. Ces becs qui forment, pour ainsi dire, les couvercles de leurs verres, sont mobiles autour d'une charnière, afin qu'en les relevant on puisse les allumer, et, dès qu'ils sont allumés, on les rabat de manière à emprisonner la flamme dans l'intérieur des verres. L'air nécessaire à la combustion s'introduit par le dessous et est attiré vers le bas par les cheminées d'appel qui déterminent ainsi un courant descendant. Une surface métallique blanche réfléchit les rayons lumineux sur la scène, et du côté des acteurs on recouvre les becs avec une enveloppe en verre dépoli. Les artistes sont très-satisfaits de cette nouvelle rampe, qui, tout en éclairant convenablement la scène, ne les gêne ni par son éclat ni par la chaleur qu'elle produit, et, ce qui est le plus essentiel, les met à l'abri de tout danger.

La commission, après avoir examiné les trois modes usités de chauffage : 1° Par circulation d'eau ou par l'emploi combiné de la vapeur et de l'eau ; 2° par la vapeur ; 3° par l'air chaud, a accordé la préférence à ce dernier système. Dans les théâtres, le chauffage ne peut marcher de pair avec la ventilation. En effet, pendant l'hiver, avant l'entrée du public, il est inutile d'avoir

recours aux appareils pour la ventilation, tandis qu'il faut chauffer les calorifères, afin que les spectateurs, à leur entrée dans la salle, y trouvent de suite une température agréable; le chauffage doit donc être indépendant de la ventilation, et on doit pouvoir, à un moment donné, développer une grande quantité de chaleur pour la distribuer dans la salle, sur la scène et dans toutes les dépendances. Dès que la représentation commence, il faut restreindre le chauffage et faire fonctionner la ventilation, en réglant l'ensemble de manière à introduire constamment dans la salle la quantité nécessaire d'air pur à une température convenable.

L'assainissement des théâtres a déjà été étudié par un grand nombre de savants, parmi lesquels Lavoisier, Séguin, de Humboldt, Gay-Lussac, et enfin Darcet, qui, l'un des premiers, a donné une solution de cet important problème. Le projet de Darcet, appliqué au théâtre du Vaudeville, sous sa direction même, consistait à faire entrer l'air dans la salle à la partie inférieure des loges par des ouvertures pratiquées dans le plancher, et à déterminer sa sortie en profitant de l'appel fourni par la chaleur du lustre. M. le général Morin a proposé cette même disposition pour la ventilation des nouveaux théâtres, mais en l'établissant sur des bases mieux calculées, et en introduisant au moins 30 mètres cubes d'air par heure et par spectateur.

Des expériences nombreuses ont été faites au Conservatoire des arts et métiers[1], afin de reconnaître le meilleur mode d'arrivée de l'air : on a introduit successivement de l'air chaud ou de l'air froid dans des loges simulées, au moyen de bouches pratiquées dans le plancher, et on a pu s'assurer que les spectateurs étaient ainsi plongés dans un courant chaud ou froid toujours fort désagréable. L'accès de l'air dans les salles imaginé par Darcet a paru le meilleur ; aussi a-t-il été employé au nouveau théâtre Lyrique, au théâtre du Châtelet et au théâtre de la Gaîté, en profitant non plus de la chaleur du lustre, mais de celle que produit le nouveau système d'éclairage.

est pourtant à craindre que ce mode d'appel de l'air vers la partie haute de l'édifice ne favorise pas également bien la propagation des sons à toutes les places. Cette réflexion nous est

[1] M. le général Morin, toujours empressé de rendre justice à qui de droit, a plusieurs fois cité dans son ouvrage l'aide intelligent d'un jeune ingénieur du conservatoire, M. Villermé.

surtout suggérée par les observations suivantes de M. E. Trélat.

« Sous l'influence du lustre, qui détermine un courant dans sa cheminée, il se produit à la partie centrale de la salle une colonne d'air ascensionnelle composée de veines fluides, venues en grande partie de la scène et qui montent directement jusqu'à l'orifice de sortie, sans avoir bénéficié en rien au public. ... Est-ce que avec les conditions de ventilation que nous savons maintenant exister dans ces édifices (théâtres), est-ce que l'acteur ou le chanteur ne jette pas sa voix dans un courant d'air ascensionnel qui va droit ou presque droit à la cheminée du lustre?..... J'ai assisté à tout un acte d'*Herculanum* assis sur le bord de la rosace à jour qui couronne le lustre à la base de la cheminée. A cette hauteur extrême, qui ne m'éloignait pas moins de 21 ou 22 mètres du chanteur, non-seulement j'entendais le chant, mais les paroles du souffleur venaient très-souvent jusqu'à moi et avec une intensité assez grande pour me gêner dans l'audition du morceau. Je n'avais jamais, à aucune place, entendu aussi complétement la voix de cet utile auxiliaire de nos artistes[1]. »

M. le docteur Tripier a conçu, en 1859, pour la ventilation du nouveau théâtre de Toulon, un système complétement différent de celui de Darcet. La prise d'air se fait à la partie supérieure de la façade; l'air pénètre dans la salle par un tuyau circulaire supporté par le plancher des combles et débouchant au-dessus du rideau. L'évacuation de l'air vicié s'effectue au moyen de conduits situés sous le parterre et sous les galeries des différents étages, conduits qui amènent l'air dans une cheminée d'appel, pourvue à sa partie inférieure d'un calorifère : c'est l'application du système d'appel en contre-bas. Pour assurer la ventilation pendant l'été, M. le docteur Tripier a placé une nouvelle prise d'air au-dessus de la salle, limitée d'une part au mur qui sépare la salle de la scène, et à l'autre extrémité par une cloison : on forme ainsi une chambre d'air frais qui peut fournir l'air à la salle en plus ou moins grande quantité, selon les besoins. Cet ensemble a donné à Toulon des résultats très-satisfaisants; on l'a appliqué plus tard à la nouvelle salle des Bouffes-Parisiens, mais malheureusement trop incomplétement pour qu'il soit possible d'en constater les effets. L'air pur, venant de l'extérieur vers chacune des galeries, s'échappe aussitôt par

[1] *Le Théâtre et l'Architecte*, E. Trélat.

les conduits d'évacuation, et cette colonne d'air ainsi dirigée présente le grand avantage de ne nuire en rien à l'acoustique de la salle.

IV

Théâtre Lyrique. — Théâtre de la Gaité. — Théâtre du Châtelet. — Amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers.

Théâtre-Lyrique. — Le nouveau Théâtre-Lyrique contient 1,640 places, ainsi réparties : 470 à l'orchestre, au parterre et dans les baignoires, 302 aux premières loges, 174 aux deuxièmes loges, 278 au troisième étage, et enfin 416 à l'amphithéâtre. Ces différentes places sont loin d'être toutes convenablement chauffées, éclairées et ventilées.

Deux calorifères, très-bien disposés et placés dans le sous-sol, sont destinés au chauffage de la salle ; deux autres appareils servent au chauffage des escaliers, du foyer et des dépendances ; les loges et foyers d'artistes, la scène, sont chauffés par deux calorifères spéciaux. La prise d'air pour la ventilation est située dans le jardin de la tour Saint-Jacques ; l'air extérieur, pénétrant par cette cavité, est amené dans le sous-sol par un conduit souterrain, et là il alimente les calorifères et les chambres de mélange d'air chaud et d'air froid qui sont au rez-de-chaussée ; ces chambres règnent dans toute la largeur du théâtre. L'air devait pénétrer dans la salle à l'entresol, c'est-à-dire dans la portion occupée par l'orchestre, au moyen d'une galerie grillée concentrique à la rampe, et par des orifices dont les conduits circulent le long du mur qui sépare la scène de la salle ; on a supprimé l'arrivée de l'air par la galerie concentrique à la rampe, de sorte que ces places sont celles qui reçoivent maintenant la plus petite quantité d'air. L'air vicié de cet étage s'échappe par des ouvertures pratiquées dans le parement vertical du devant des banquettes et dans le plancher des baignoires, pour se rendre dans un espace ménagé sous le parterre ; deux cheminées, dans lesquelles passent les tuyaux de tirage des calorifères, déterminent l'appel de cet air vicié. Pendant l'été, un calorifère spécial, placé au bas de chacune de ces cheminées, permet de continuer l'action de l'appel déterminé pendant l'hiver par la puissance des appareils de chauffage.

Pour ventiler les étages, on a disposé quatre cheminées voisines de la salle, et on les a divisées en quatre compartiments qui conduisent l'air à chacun des étages. L'air est alors distribué dans l'intérieur par des canaux ménagés dans les planchers des loges, entre les solives, conformément aux indications de Darcet; les conduits forment à la partie inférieure des loges une bordure découpée visible aux spectateurs. La sortie de l'air vicié des trois premiers étages s'effectue par le haut des loges; on n'a pas suivi, en cela, le programme de la commission qui avait prescrit de placer les bouches d'appel au niveau du sol des loges et des galeries. Néanmoins, la ventilation se fait très-convenablement aux deux premiers étages, mais il n'en est pas de même aux places plus élevées, où la température devient difficilement supportable vers le milieu de la soirée. Des observations thermométriques, que nous avons faites nous-même, nous ont montré que la température, aux premières loges, était toujours à un degré convenable, ce qui n'existe certainement pas aux mêmes places du théâtre de l'Opéra-Comique; mais aux fauteuils de la deuxième galerie, situés au troisième étage, la chaleur est excessive: ainsi, le 6 octobre dernier, pendant une représentation de *Faust*, nous avons vérifié que la température extérieure étant de 16°, elle était, à ces places, avant le lever du rideau, égale à 21°, puis elle s'est élevée progressivement jusqu'à 26° et même 27°, tandis qu'à l'extérieur il n'y avait plus, à la sortie, que 10°.

L'air est ensuite appelé, de la partie supérieure des loges jusqu'au cintre, par la chaleur produite par la combustion des nombreux becs d'éclairage qui ont remplacé le lustre; pour cela, les orifices pratiqués dans les plafonds des loges communiquent avec un grand conduit qui, à chaque étage, est en retraite sur lui-même, et qui, par son extrémité supérieure, débouche dans la coupole.

A l'amphithéâtre, l'accès de l'air se fait comme aux étages inférieurs; mais pour en déterminer l'échappement, on a percé le plafond de cinquante-six ouvertures qui, par des canaux inclinés, aboutissent aussi à la coupole. L'air vicié des quatre étages sort donc par la cheminée placée au centre de la salle, cheminée qui est apparente à l'extérieur.

Il est à regretter que, lors de la construction de ce théâtre, on n'ait pas tenu compte, pour la ventilation d'été, de la clause spéciale

contenue dans le programme de la commission, qui conseillait de ménager des communications directes avec l'extérieur, afin d'assurer le renouvellement de l'air pendant cette saison. Enfin, d'après l'opinion de M. le général Morin, si, dans une telle salle de spectacle, il fait tantôt chaud, tantôt froid, le public doit ne pas l'attribuer aux dispositifs adoptés, mais bien plutôt aux personnes qui sont chargées de les maintenir en activité ; il est donc à souhaiter, nous le répétons, dans l'intérêt général, que ce service soit placé entre des mains intelligentes et surtout désintéressées.

Théâtre de la Gaîté. — Les prises de l'air destiné à la ventilation du théâtre de la Gaîté se font par des grilles qui recouvrent les trottoirs de l'allée qui conduit au bureau de location, et par douze ouvertures pratiquées dans les deux murs extrêmes du théâtre. L'air qui pénètre par les grilles et par une partie de ces ouvertures latérales alimente les calorifères placés dans le sous-sol et les chambres de mélange ; l'air qui arrive par les autres conduits voisins du rideau, ne descendant que jusqu'à la scène, est réservé pour la ventilation d'été.

L'introduction de l'air dans la salle par les galeries a lieu, comme au Théâtre-Lyrique, au moyen de vides ménagés dans les planchers et mis en communication avec les conduits d'arrivée ; aux deux amphithéâtres, l'air entre, en outre, par des orifices pratiqués près des plafonds et qui servent surtout pour la ventilation d'été, bien qu'il semble que l'air extérieur projeté ainsi sur les spectateurs doive produire des effets désagréables. Presque tous les étages de cette salle étant disposés en amphithéâtre, on a utilisé cette disposition pour faciliter l'évacuation de l'air qui s'échappe par des bouches percées dans les montants droits des gradins aboutissant à des gaînes verticales particulières à chaque étage ; les gaînes montent toutes jusqu'à la coupole, dont la haute température intérieure détermine le mouvement ascendant des gaz par appel.

M. d'Hamelincourt, chargé de l'organisation des appareils de ventilation et de chauffage de ce théâtre, a eu l'heureuse idée d'utiliser le même conduit pour l'arrivée et la sortie de l'air ; l'air pur, en effet, s'élève depuis les chambres de mélange jusqu'à l'étage par lequel il se répand dans la salle, et la partie plus élevée du conduit

est parcourue par l'air vicié qui s'échappe du même étage. L'évacuation de l'air du parterre se fait exactement comme au Théâtre-Lyrique, c'est-à-dire par des grilles posées au niveau du plancher, et à travers lesquelles l'air s'élève par des conduits jusque dans le cintre; ce mouvement est déterminé par deux cheminées d'appel remplacées pendant l'été par des calorifères spéciaux. Les gaz s'échappent ensuite, non-seulement par la grande cheminée, mais encore par d'autres ouvertures percées dans la toiture, disposition mauvaise, puisqu'elle a pour conséquence d'abaisser la température de la voûte lumineuse, et par suite de diminuer la force de l'appel.

Bien que, pendant l'été, le renouvellement de l'air soit insuffisant, on peut dire cependant que les constructions faites au théâtre de la Gaîté pour la ventilation sont satisfaisantes, et nous croyons qu'il serait facile, au moyen de modifications simples et avec un contrôle bien établi, d'obtenir toujours de bons résultats.

Théatre du chatelet. — Le théâtre du Châtelet, le plus grand des théâtres qui existent actuellement, puisqu'il peut contenir 2,976 spectateurs, a été construit en même temps que le Théâtre-Lyrique; aussi, la commission, présidée par M. Dumas, avait-elle réuni dans un programme l'ensemble des mesures à prendre pour installer le chauffage et la ventilation dans cette salle. Ce programme était exactement le même que celui arrêté pour le Théâtre-Lyrique, si ce n'est un article supplémentaire rédigé dans la prévision où le nouveau théâtre du Châtelet continuerait les traditions guerrières de son devancier le théâtre du Cirque :

« Les cheminées d'appel voisines de la scène seront spécialement utilisées pour l'évacuation des gaz de la poudre dans les combats figurés. Il sera disposé un certain nombre de becs de gaz d'éclairage auxiliaires, et des orifices spéciaux d'appel pour le même usage. »

Si le théâtre du Cirque est le plus grand des nouveaux théâtres, il est malheureusement celui dans lequel la ventilation a été le plus mal organisée; ce n'est pas, du reste, le seul reproche qu'on soit en droit de faire à cette vaste construction. L'administration de la ville de Paris, entraînée par une économie mal raisonnée, n'a pas voulu accepter les projets qui avaient été étudiés par la commission des théâtres; on a rejeté, pour éviter de trop grandes

dépenses, les devis présentés par M. L. Duvoir Leblanc, et on a accordé la préférence aux dispositions suivantes. L'introduction de l'air se fait par les trottoirs grillés d'une allée où passent les voitures de l'Empereur, et par des cours latérales; l'air qui entre par les trottoirs alimente les calorifères et les chambres de mélange, et l'air qui vient des cours pénètre dans la salle par le cadre du rideau. On avait, en outre, imaginé deux orifices concentriques à la rampe, l'un en dedans, l'autre en dehors de cette rampe, et on avait supprimé l'accès de l'air par le pourtour des loges; mais il a fallu abandonner ces orifices et rétablir pour les deux premiers étages les dispositions de Darcet.

« Cette mesure n'a eu d'autres défauts que d'être tardive et incomplète. Elle a fourni à peu près le seul moyen convenable qui subsiste encore pour faire affluer de l'air nouveau[1]. »

On a ajouté au parterre des ouvertures par lesquelles un courant d'air très-incommode est constamment dirigé sur la tête des spectateurs, et rendrait ces places intolérables, si elles ne l'étaient pas déjà pour d'autres motifs. Des expériences ont démontré que l'air intérieur arrivait, surtout pendant les actes, par la scène, et produisait un courant froid et assez énergique pour agiter les chapeaux des dames assises à l'orchestre.

L'évacuation de l'air vicié s'effectue comme dans les deux théâtres précédents; mais on a eu le tort de ne pas rendre indépendants, pour chacun des étages, les conduits qui amènent l'air dans la coupole, ce qui peut rendre la ventilation irrégulière. La cheminée spéciale à la scène, indiquée par la commission, n'a pas été construite, de sorte que la fumée de la poudre, qui a déjà été brûlée en assez grande quantité au théâtre du Châtelet, se répand dans la salle et incommode les spectateurs. Enfin, pour la ventilation d'été, l'ingénieur chargé de ces travaux a eu heureusement le soin de mettre les entrevous du premier et du deuxième étage en communication directe avec l'air extérieur, précaution qui, comme nous l'avons dit, n'a pas été adoptée pour le Théâtre-Lyrique.

M. le général Morin résume ainsi les conséquences des expériences sur la ventilation des nouveaux théâtres :

« 1° L'ensemble des dispositions prises dans ces théâtres pour

[1] *Ventilation*, général Morin.

l'évacuation de l'air vicié fonctionne comme l'avait espéré la commission ;

« 2° Les arrivées d'air nouveau par les orifices concentriques à la rampe, à fleur du plancher de la salle, ne sont pas acceptables ;

« 3° L'arrivée de l'air par les entrevous d'une hauteur convenable, ayant pour l'été des communications faciles avec l'air extérieur, est un moyen certain d'y faire affluer le volume d'air nécessaire selon les saisons ;

« 4° L'introduction de l'air nouveau par le cadre du rideau et par le tympan qui le recouvre peut être aussi très-utile, en ayant soin de ne disposer les orifices du cadre qu'à six ou sept mètres au-dessus du sol de la scène ;

« 5° La manœuvre des appareils pour proportionner l'activité de la ventilation, selon les saisons et le nombre des spectateurs, ne présente aucune difficulté qu'un chauffeur attentif ne puisse surmonter.

Amphithéatre du conservatoire des arts et métiers. — Dans les amphithéâtres réservés aux cours publics et dans les salles de spectacle, l'organisation du chauffage et de la ventilation présente la plus complète analogie. Au Conservatoire des arts et métiers, par exemple, les auditeurs viennent de l'extérieur assister aux leçons des professeurs : presque tous les soirs, deux cours ont lieu dans chacun des deux amphithéâtres, qui restent ouverts pendant plus de trois heures aux ouvriers désireux de s'instruire. C'était surtout dans un tel établissement qu'on ne pouvait laisser entendre des plaintes sur le chauffage mal combiné ou sur le renouvellement insuffisant de l'air nécessaire à la respiration : aussi, dans les dernières années, le savant directeur a-t-il fait installer des appareils qui fonctionnent aussi bien qu'il était possible de l'espérer, en exécutant de semblables travaux dans un édifice déjà construit. Nous avons fréquemment assisté aux leçons faites dans ce grand amphithéâtre, et en particulier au cours si intéressant de M. Wolowski sur la législation industrielle ; nous nous sommes trouvé assis à des places très-différentes, et si ce n'est près des deux portes latérales, dont l'ouverture fréquente donne lieu à des courants d'air désagréables, il nous a toujours paru que le chauffage et la ventilation s'effectuaient dans d'excellentes conditions.

Le grand amphithéâtre du Conservatoire des arts et métiers

est chauffé par des calorifères : le plus grand est situé sous l'espace occupé par la table du professeur ; et le second, à l'extrémité opposée, chauffe le vestibule et l'escalier qui conduit à l'entrée principale du public. L'air chauffé par ces deux calorifères monte, au moyen de conduits ascendants, jusque dans les combles et se répand dans deux chambres séparées par une cloison, dans lesquelles il se trouve mélangé en proportions convenablement calculées avec l'air frais. Pour cela, l'air extérieur s'introduit dans ces chambres de mélange par des ouvertures pratiquées dans la toiture, qui peuvent être réglées à volonté, de manière à obtenir une température déterminée. Ce mélange d'air chaud et d'air froid convenablement préparé pénètre dans la salle par onze caissons qui ont été disposés de telle manière qu'ils introduisent tous sensiblement la même quantité d'air.

L'air vicié s'engage ensuite par quatre-vingt-deux orifices percés dans les montants verticaux des gradins dans un conduit, où son mouvement est déterminé par une grande cheminée d'appel placée au centre de la cour qui sépare les deux amphithéâtres. L'appel déterminé par la combustion de la houille dans cette cheminée est tellement énergique et bien disposé, que lorsqu'on fait, sur la table de l'amphithéâtre, des expériences qui donnent lieu à un dégagement de gaz ou de vapeur, les gaz ou vapeurs s'élèvent seulement à une petite hauteur et sont aussitôt attirés par l'action de cet appel dans la bouche voisine, en communication avec la cheminée, par laquelle ils s'échappent.

« Pendant les cent cinquante-deux jours de cours de l'hiver dernier, la température s'est pour ainsi dire invariablement maintenue entre 19° et 21°..... Le Conservatoire, qui a dépensé en combustible, pour cette ventilation, une somme de 711 francs pour procurer à messieurs les professeurs, et aux 171486 auditeurs qui ont assisté aux cours de cette année, un état de bien-être qui leur avait manqué jusqu'à ce jour, n'a certes pas à regretter une si minime dépense[1]. »

Nous venons de passer rapidement en revue les procédés à l'aide desquels on fait pénétrer l'air dans les établissements destinés à contenir de nombreuses réunions, de manière à y conserver

[1] *Annales du Conservatoire impérial des Arts et Métiers*, juillet 1864, n° 17. Paris, Lacroix.

toujours une atmosphère salubre. Nous avons vu quels avantages et quels inconvénients entraînait chacune des solutions proposées ; si on est loin encore de la perfection, on a fait beaucoup déjà ; si en effet, la ventilation n'est pas dans les nouveaux théâtres aussi complète qu'on pourrait le désirer, il faut plutôt attribuer l'insuccès à la négligence des personnes chargées de veiller à ce service, qu'à la mauvaise disposition des appareils. M. le général Morin a nettement montré que le problème était susceptible de recevoir une bonne solution par la réussite extraordinaire qu'il a obtenue au Conservatoire, où le service est fait avec le plus grand soin. Il y a donc lieu d'espérer que des travaux persévérants permettront à l'homme, que sa nature force de vivre en société, de trouver dans les villes, non-seulement le commerce intellectuel et social qui lui permet d'arriver à tout son développement moral, mais encore des conditions hygiéniques méilleures qui l'amèneront aussi à un développement physique plus complet.

P. Schwaeblé.

PHYSIQUE APPLIQUÉE

I

LE GRAND PRIX D'ÉLECTRICITÉ

M. RUHMKORFF

Le grand prix d'électricité.— Fondation en 1852.— Concours sans résultat de 1858. — Prix donné en 1863. — M. Ruhmkorff, M. Froment. — Les lauréats de l'avenir.

Le grand prix institué, en 1852, par l'Empereur en faveur de l'auteur de la découverte la plus importante concernant les applications de l'électricité, grand prix non donné en 1858 et remis à 1863, vient d'être décerné à M. Ruhmkorff, l'inventeur de l'appareil d'induction que décrivait l'an dernier, ici même, notre collaborateur M. Saint-Edme. L'importance de ce prix, l'heureux choix du vainqueur, l'intérêt qui s'attache à tout ce qu'écrit l'illustre rapporteur de ce concours, M. Dumas, nous font un devoir de consacrer quelques pages à l'examen du remarquable rapport qui accompagne le décret qui décerne ce prix.

Les chefs d'État, soucieux de leur gloire, voudraient bien paraître devant la postérité escortés de grands noms dans les lettres et dans les sciences. Ils savent que leurs actes seront discutés après eux comme de leur vivant ; mais que les œuvres de génie écloses sous leur règne, qu'elles soient du domaine des lettres ou de celui des sciences, qu'elles aient eu pour résultat de rendre les esprits plus policés ou la vie plus facile, ont le privilége de former autour du front du souverain une auréole que le temps ne fait que rendre plus brillante. Horace et Virgile rendent aujourd'hui à Mécène et même à Auguste plus qu'ils n'ont reçu d'eux de leur vivant.

Pour provoquer l'enfantement des chefs-d'œuvre littéraires ou

des grandes découvertes scientifiques, les gouvernements ne connaissent qu'un moyen : ils proposent des prix comme on en propose au collége. Ces prix, d'une utilité discutable quand il s'agit d'œuvres d'imagination, seront approuvés par tous quand ils s'appliquent à des travaux d'histoire ou de sciences expérimentales qui exigent un long labeur et des dépenses considérables.

Le concours dont il s'agit présente une circonstance très-singulière. C'est en 1852 que le prix fut institué, c'est en 1851 que fut créé, avec ses perfectionnements les plus importants, ceux du moins qui sont l'œuvre de M. Ruhmkorff, l'instrument qui lui a valu aujourd'hui cette haute récompense. Comment lui a-t-on refusé, avec de grands éloges, il est vrai, en 1858, ce prix qu'on lui donne aujourd'hui?

M. Dumas dit que la commission de 1863 a pu constater : « Une amélioration non douteuse dans la nature des travaux qui lui étaient soumis. Les rêveurs, les faiseurs de projets ont disparu pour ainsi dire. Les expérimentateurs sérieux, les idées pratiques ont continué leur œuvre et fait leur chemin. »

Oui, tout le monde avait un peu rêvé l'impossible en 1852.

Les savants cherchaient, le public attendait une de ces découvertes qui illuminent un siècle, comme l'expérience de Franklin ou la pile de Volta, ou bien une *nouvelle* application de l'électricité devenue *pratique* et *populaire* moins de cinq ans après sa naissance.

Cet espoir fut déçu, et pourtant de grands progrès avaient été accomplis par des savants nombreux ; l'œuvre de chacun était méritoire, l'œuvre commune fort belle. Déjà M. Ruhmkorff était signalé en première ligne ; et comment faire autrement quand chaque savant, racontant les merveilles qu'il avait constatées, ajoutait : « J'ai fait ce travail avec l'appareil et avec l'aide bienveillant de M. Ruhmkorff. » Et voilà pourquoi la commission de 1863, voyant se multiplier encore les usages de la bobine d'induction, a déclaré que la construction d'un bon instrument était une grande découverte, et cela par la bouche du chimiste illustre qui nous disait autrefois, en ses belles leçons, que la plus grande découverte de Priestley n'est pas la découverte de l'oxygène, mais celle d'un instrument bien simple, la cuve pneumatique, c'est-à-dire la découverte de l'art de recueillir et de transvaser les gaz.

Né en 1803, en Hanovre, M. Ruhmkorff, après avoir terminé

son apprentissage de mécanicien, partit à dix-huit ans et courut, comme ouvrier, l'Allemagne, la France et l'Angleterre ; il fut ensuite « ouvrier treize ans chez quelques-uns de nos meilleurs constructeurs d'instruments de précision, ouvrier en chambre plus tard, et enfin chef à son tour d'une maison dont la célébrité s'étend et s'accroît chaque année. Son éducation s'est faite peu à peu, par la réflexion, par l'étude de quelques livres sans cesse médités, par les leçons de quelques professeurs entendues comme à la dérobée aux heures bien rares du loisir. Modeste dans sa vie, d'une persévérance que rien ne distrait, d'une abnégation qui lui a mérité les plus illustres témoignages d'estime (et la reconnaissance des plus humbles membres de la grande famille scientifique), M. Rhumkorff restera comme un type digne de servir de modèle à ces nombreux et intelligents ouvriers qui peuplent les ateliers de précision de la capitale. » (Rapport de M. Dumas.)

La production et les effets des courants d'induction de la bobine de Ruhmkorff sont connus des lecteurs de ce recueil. Ils y ont été décrits avec grand soin par notre collaborateur, M. Saint-Edme, dans un article que nous prions nos lecteurs de relire.

Nous ne rappellerons que ce qui est nécessaire pour notre sujet. Jusqu'en 1842, on demandait à la pile tous les effets qui, n'exigeant pas une très-forte tension, avaient besoin d'une grande continuité d'action. Mais s'il fallait faire jaillir l'électricité à quelque petite distance que ce fût, à travers des corps mauvais conducteurs, on devait avoir recours à la machine électrique de Ramsden. A cette époque, le regrettable professeur du collége Louis-le-Grand, M. Masson, aidé de M. Breguet, constata que l'électricité des courants d'induction se rapprochait, par quelques-unes de ses propriétés, de l'électricité appelée improprement électricité statique ; elle franchissait un certain intervalle dans l'air ; mais, comme le dit M. du Moncel, le problème n'était pas résolu pratiquement, et les machines électriques, malgré le manque de continuité de leurs effets et malgré leurs caprices, n'étaient pas encore détrônées.

M. Ruhmkorff, déjà connu par la construction des machines de Clarke et autres instruments tels que l'appareil de Melloni, l'appareil pour les expériences de Faraday sur le magnétisme et le diamagnétisme, s'appliqua à faire une nouvelle machine d'induction.

Pour obtenir le parfait isolement des fils, il les noya dans de la gomme laque et les enroula avec une grande régularité. Il fixa les rapports convenables de diamètre et de longueur du fil de l'hélice inductrice et de celui de l'hélice induite ; il choisit le fil inducteur relativement court et gros, le fil induit[1], long et très-fin. Il fit ses bobines à axe horizontal pour pouvoir les faire longues. Comme interrupteur du courant inducteur, il choisit et régla le marteau de de la Rive. Enfin, plus tard, en 1854, aidé des conseils de M. Fizeau, il amplifia les effets d'induction en interposant dans le courant inducteur un simple condensateur très-adroitement isolé et caché dans la planche qui porte l'appareil.

Tout cela semble bien simple à ceux qui ne savent pas, par combien de tâtonnements, au prix de combien d'essais infructueux, on arrive à la disposition la plus convenable des appareils dont on comprend le mieux le principe. On peut dire que chaque appareil qui sortit des mains de M. Ruhmkorff fut l'occasion d'une nouvelle étude, la cause d'un progrès nouveau dans l'exécution.

C'est ainsi qu'il a créé *un appareil de petit volume, d'un maniement facile* et qui réunit *les qualités d'une puissante batterie électrique et celles d'une pile énergique*, appareil qui, comme le dit M. Dumas, « est, pour la science, un instrument fécond de découvertes de tout genre, qui ouvrent à l'électricité une voie nouvelle et inattendue et qui marquent déjà par d'incontestables services sa place dans les travaux journaliers de l'industrie ou de l'art militaire.

Les applications de la bobine de Ruhmkorff, si bien décrites dans l'article de M. Saint-Edme déjà cité, sont de deux sortes :

1° Les unes que l'on pouvait prévoir et qui ressortent de cette définition : *La machine de Ruhmkorff est une machine électrique à action continue*, sont :

Série continue d'étincelles à distance, perçant le verre, traversant certains liquides, décomposant les gaz ou les recombinant rapidement ; — explosion presque simultanée de plusieurs fourneaux de mine ; — moyen de faire partir en même temps, à la volonté du capitaine placé sur le pont, tout ou partie des canons d'une batterie ; — inflammation instantanée de plusieurs becs de

[1] Dans la machine modèle du Conservatoire exécutée en 1862, le fil inducteur a 40 mètres de long et 2 millimètres de diamètre ; le fil induit a 30,000 mètres de long et 1/6 de millimètre de diamètre.

gaz, comme on l'a pu voir aux conférences de la Sorbonne; — inflammation du jet de gaz employé à dilater l'air de la machine Lenoir; — éclairage des galeries de mine par le passage des étincelles d'induction dans des tubes vides; — laryngoscope, etc.;

2° A côté des conséquences que la science pouvait prévoir, la bobine de M. Ruhmkorff a permis de constater des faits inattendus, dont quelques-uns sont encore inexpliqués, mais qui permettent d'espérer la solution de cette grande question : Y a-t-il une seule électricité ou faut-il en admettre deux? autrement dit : les deux électricités ont-elles des propriétés, non pas seulement contraires, mais différentes?

Une étincelle électrique est si rapide qu'on n'a pas le temps de l'étudier, malgré la persistance des impressions sur la rétine; mais, quand une machine bien réglée donne des étincelles de même force, partant toujours du même point pour aller au même point, et qu'elles se succèdent avec une grande rapidité, si les différents points du parcours de chaque étincelle diffèrent d'éclat ou de couleur, cette différence devient permanente, et, par suite, facile à étudier dans la ligne de feu que forme la série de ces étincelles.

Aussi l'appareil de Ruhmkorff a-t-il permis d'étudier la nature de l'étincelle électrique et ses variations dans les différents gaz, la différence de coloration aux deux pôles, la stratification si étrange qu'elle présente dans les tubes où le gaz raréfié contenait des vapeurs carburées. L'étincelle des bouteilles de Leyde se compose comme la foudre, d'un trait en zigzag et d'une auréole qui semble envahir l'air tout autour. MM. Perrot, du Moncel et Lissajous ont prouvé que la durée du trait de feu est presque instantanée et celle de l'auréole mesurable. Cette dernière peut être séparée du trait de feu; on peut l'attirer à l'aimant; un souffle l'entraîne.

Arrêtons cette énumération et concluons, avec le savant rapporteur, que le prix est bien mérité.

D'autres ne le méritaient-ils pas aussi? Nous avons besoin de nous rappeler tout ce que nous venons de dire pour ne pas hésiter quand nous arrivons avec M. Dumas aux travaux de M. Froment. Élève de l'École polytechnique, abordant, après les belles études générales de nos écoles, la science de la mécanique électrique, qu'il a pour ainsi dire fondée, M. Froment, constructeur d'instruments de précision, a fondé « un établissement unique au monde, une sorte de conservatoire électrique digne de l'attention

des esprits sérieux. » L'électricité y règle l'heure, y met les métiers en mouvement et les arrête quand il faut; elle marque les divisions sur les cercles et sur les règles. Outil, ouvrier, contremaître, elle est tout dans cet atelier dont M. Froment est l'âme.

Que de petits chefs-d'œuvre, que de joujoux qui n'attendent qu'une pile à bon marché pour être des machines industrielles de la plus grande utilité!

M. Froment court au-devant de quiconque a une idée. Monsieur Bonelli, vous voulez appliquer l'électricité aux métiers à la Jacquart; monsieur Caselli, vous avez créé un télégraphe qui copie un dessin à distance; monsieur Hugues, vous avez enfin trouvé un moyen d'envoyer une dépêche électrique imprimée aussi vite qu'on pourrait l'écrire : vos idées sont justes, mais il n'y a qu'un seul constructeur qui puisse obtenir le synchronisme parfait dont vous avez besoin, un seul assez ingénieux pour bien discerner ce qu'il y a de pratique dans votre projet et ce qui doit être corrigé : c'est le Watt de tous les inventeurs d'appareils électriques. Allez trouver M. Froment; et tous y vont.

M. Froment est un homme supérieur, savant comme les plus savants, laborieux comme pas un.

Oui, son mérite est au moins égal à celui de M. Ruhmkorff; c'est le Meissonnier de la mécanique. Mais, dans le concours en question, il s'agissait d'électricité et non de mécanique. Ainsi en a jugé la commission qui a demandé et obtenu pour M. Ruhmkorff le prix de 50,000 fr., et pour M. Froment le titre d'officier de la Légion d'honneur. Il n'a pas été vaincu; il a triomphé à côté.

Après les prix viennent les accessits, parmi lesquels est sans doute le vainqueur du prochain concours, car le brillant résultat de celui-ci a engagé l'Empereur à créer un nouveau prix.

M. Foucault, qui a si bien mérité de la science, et par ses travaux et par ses écrits; M. Caselli, dont on admirait les appareils un peu lents, mais si réguliers, à la soirée donnée, le 28 octobre, au Conservatoire par l'Association scientifique (il faut vingt minutes pour envoyer un dessin d'un décimètre carré de long sur un de large); M. Hugues, qui vient d'être décoré; MM. Staite, Serrin, Dubosq, qui ont tant perfectionné l'éclairage électrique, comme nos lecteurs peuvent le voir dans ce livre même; M. Oudry, qui a pu, grâce à son enduit, préparer la fonte à recevoir une enveloppe de cuivre par la galvanoplastie, et les

savants médecins qui essayent (puissent-ils réussir!) d'appliquer l'électricité au soulagement de nos maladies, et, ce qui est plus facile à réaliser, aux opérations chirurgicales: tous ces noms, nous les connaissons ou nous les retrouverons bientôt; mais je ne puis résister au plaisir de copier ici la description que donne M. Dumas des effets du télégraphe Hugues.

« Que l'on dispose, à Paris et à Marseille, deux cadrans identiques, offrant vingt-quatre divisions, c'est-à-dire les vingt-quatre lettres de l'alphabet. Chacun d'eux porte une aiguille mue par un poids avec une vitesse de cent vingt tours à la minute. La précision des machines est telle que si les deux aiguilles partent en même temps d'un point du cadran quelconque, mais identique, elles passent toujours au même moment précis sur les mêmes lettres des deux cadrans. C'est un prodige de mécanique; mais l'accomplir n'était qu'un jeu pour le mécanicien éminent (M. Froment) qui s'en est chargé et qui n'eût pas trouvé beaucoup de concurrents dans cette entreprise.

« Chacun de ces appareils possède une roue d'imprimerie correspondant à son aiguille et portant les mêmes lettres que le cadran; cette roue les amène vis-à-vis d'une bande de papier.

« Aussi, quand la lettre A, par exemple, passe à Paris, elle passe aussi à Marseille, et, au moyen d'un petit mouvement, la bande de papier, se rapprochant de la roue, reçoit l'empreinte de la lettre A. L'électricité détermine ce mouvement quand, à la station de départ de la dépêche, on a baissé la touche A du clavier de l'instrument.

« Comme l'électricité n'est utilisée que pour déterminer un embrayage, elle n'a besoin que d'une puissance très-faible. Les actions mécaniques des deux appareils sont exécutées par des contre-poids ou tourne-broches locaux qu'on remonte quand il le faut. La rapidité des transmissions est tellement inouïe qu'on en est confondu. Quelle que soit la rapidité du mouvement des doigts sur le clavier de départ, la dépêche est imprimée à l'appareil d'arrivée. »

On le voit, la science de l'électricité est en grand progrès; ce n'est pas tout à fait une science comme une autre; les théories en sont encore bien obscures, si obscures même, qu'on peut s'en passer à peu près le plus souvent. Tout homme de sens droit et de volonté énergique qui regardera une expérience déjà faite et s'appliquera à la varier, trouvera des faits nouveaux et pourra devenir

un inventeur sans être forcé d'être d'abord un savant. C'est une grande jouissance d'essayer ; ce serait une grande gloire de réussir et d'augmenter le nombre de ceux qui appliquent « cette force mystérieuse, au bien de l'État, au progrès de l'industrie et au soulagement des souffrances humaines. »

FARGUES DE TASCHEREAU.

II

LES SOLEILS ARTIFICIELS

Justification du titre. — La lumière électrique à bon marché. — Phares électriques. — Éclairage électrique des vaisseaux, des mines, des profondeurs de la mer. — État actuel des applications de la lumière oxy-hydrogène. — Découverte d'un fait ancien. — La lumière au magnésium. — Réalisation de la photographie de nuit. — Nouveau soleil artificiel.

Nous avons, dans le premier volume de ce recueil, indiqué déjà combien de tentatives ont été faites pour utiliser les puissantes lumières que nous fournissent la pile électrique et la craie frappée par la flamme du chalumeau à gaz oxy-hydrogène. — Chaque année amène des essais nouveaux et depuis 1861 quelques progrès ont été réalisés, nous voulons les faire connaître au lecteur.

La machine magnéto-électrique est actuellement un véritable outil d'atelier : elle fonctionne sûrement, engendrant une lumière intense dont le prix de revient n'est pas de beaucoup supérieur à celui du gaz provenant de la houille. Comparée avec la lumière qui jaillit entre les pôles de la *pile*, elle semble moindre en intensité, ce qui tient surtout à son mode de production. L'arc voltaïque est continu, puisqu'il est la transformation en lumière d'une action chimique continue elle-même, la combustion du zinc. L'arc de la machine magnéto-électrique est dû à la succession rapide d'une série d'étincelles d'induction. La persistance des impressions sur la rétine et la rapidité avec laquelle les étincelles se succèdent nous font croire d'abord à une lumière continue, qui est affectée cependant de variations d'intensité continuelles fort gênantes. La différence de prix de revient de la lumière produite par la pile et de

celle que fournit la machine magnéto-électrique est considérable; il est aisé d'en comprendre la raison, puisque dans ce dernier cas, on brûle du charbon pour avoir de la lumière et non du zinc : aussi de 3 fr. on tombe à 20 centimes pour une égale intensité.

Dans notre article sur les *Courants d'induction* inséré il y a deux ans, dans ce recueil, nous avons décrit les divers appareils à l'aide desquels on peut recueillir l'électricité qui apparaît dans un fil isolé voisin d'un autre fil dans lequel circule un courant, toutes les fois qu'on lance ou qu'on interrompt ce courant; nous n'avons donc pas besoin de rappeler la manière dont Pixii et Clarke obtenaient des courants électriques par le seul mouvement de bobines entourées de fil, tournant devant les pôles d'un aimant fixe.

Telle qu'elle est construite actuellement, cette machine comporte 80 bobines de fils, à l'intérieur de chacune desquelles se trouve un fer doux rectiligne; ces *électro-aimants* sont distribués par groupe de 16, sur 5 roues dressées sur un même arbre de couche; et lors de leur rotation elles subissent l'influence de 48 aimants fixes recourbés en fer à cheval entre lesquels elles passent. Or, c'est au moment où ces bobines s'avancent vers les aimants, et à celui où elles s'en éloignent, que se produisent les courants alternativement de sens contraire que l'on recueille aux extrémités des fils collecteurs. Voici les données techniques sur les dimensions que la pratique a reconnues les plus avantageuses.

Chaque bobine porte plusieurs fils isolés l'un de l'autre; on a adopté le nombre huit, comme donnant les meilleurs effets; le nombre des rouleaux est 4, chacun portant 16 bobines; — les fils ayant isolément 30 mètres de longueur, on voit que l'on agit par induction sur 25,360 mètres de fils.

La vapeur est le moteur naturel de cette machine; par suite, c'est encore une action chimique, la combustion du charbon, qui, par une série de transformations, engendre finalement la lumière. La machine magnéto-électrique est donc actuellement la source pratique de lumière électrique, la pile étant réservée pour l'exécution des expériences proprement dites, c'est-à-dire limitée aux circonstances dans lesquelles le prix de revient n'est pas pris en considération. Si l'industrie hésite encore à adopter ce mode d'éclairage, il ne faut donc plus s'en prendre à son prix trop coûteux, mais aux conditions de son installation. De celles-ci, le choix du *Bé-*

gulateur (lampe électrique[1]) a été surtout travaillé et M. L. Foucault, qui imaginait naguère d'appliquer le courant générateur de la lumière à régler la marche des charbons, a construit cette année l'instrument qui semble devoir définitivement pénétrer dans la pratique.

Quant aux conducteurs eux-mêmes, on en est toujours au même point, et il faut encore aujourd'hui tailler dans les charbons des cornues à gaz les crayons conducteurs ; on peut aussi employer ceux que l'on obtient en calcinant un mélange de graphite pulvérisé et de gélatine. Dans ces derniers temps, nous avons essayé le superbe graphite découvert aux *monts Krapaks*, après de longues études, par M. Alibert ; ce chimiste est parvenu à comprimer ce produit naturel et il obtient des crayons qui brûlent avec une lumière très-égale et très-intense ; malheureusement toutes les difficultés que présente l'emploi de cette matière n'ont pas été levées par M. Alibert, et son graphite ne peut pas encore être employé régulièrement pour construire les crayons conducteurs de l'électricité.

Le service des phares, l'éclairage des travaux de mines et sous-marins, l'éclairage des vaisseaux, telles sont les applications possibles de la lumière électrique que nous avions déjà signalées il y a trois ans[1]. Depuis 1862, la question de l'éclairage des phares à la lumière électrique a été étudiée avec le plus grand soin ; cette année, M. Reynaud, directeur de l'administration des phares, a adressé sur ce sujet important un rapport très-circonstancié à Son Exc. M. le ministre des travaux publics. Sans prétendre analyser complétement ce travail, nous croyons utile de mettre sous les yeux du lecteur le résumé des opinions émises par le savant directeur, sur les points qu'il importe le plus de faire connaître.

Il ne faut plus mettre en doute l'avantage économique de la lumière électrique sur celle de l'huile de colza ; les prix suivants sont décisifs :

Phare à huile (unité de lumière).	0,995
Phare électrique (id.).	0,184

Les machines construites par M. van Malderen et exploitées par la *compagnie l'Alliance* ne laissent rien à désirer au double point

[1] Voir *les Applications de la lumière électrique*, t. Ier de *l'Annuaire scientifique*.

de vue de la construction et du rendement d'intensité lumineuse. Les régulateurs essayés dans ces derniers temps se sont également bien comportés; on est même en droit d'espérer que leurs auteurs les doteront des perfectionnements qu'indiquera une plus longue pratique; la discussion est donc limitée aux qualités propres des lumières proposées, mises en regard de leurs conditions d'installation.

Le phare construit pour la flamme des lampes à huile ne peut convenir à l'arc voltaïque, c'est incontestable; tandis que la flamme d'un appareil de premier ordre mesure près de $0^m,09$ de largeur sur $0^m,10$ de hauteur, celle de la lumière électrique est réduite à $0^m,01$ sur $0^m,012$. Avec cette dernière, placée au foyer d'un appareil de ce genre, on aurait huit à neuf fois moins de divergence qu'avec l'autre flamme; l'espace angulaire éclairé dans le plan vertical ne serait plus que de 40 à 50 minutes, et l'arc ne projetterait ainsi sur la surface de la mer qu'un anneau lumineux relativement insuffisant. En outre, un léger déplacement du foyer suffirait pour lancer les rayons au ciel, ou les abaisser au pied du phare; en outre, enfin, les montants de l'armature et ceux de la lanterne, devenant trop larges par rapport aux dimensions de la flamme, seraient susceptibles de masquer les feux fixes dans l'étendue d'espace dont doivent profiter les bâtiments. — Ainsi, première condition à remplir : reconstruction des appareils lenticulaires. — Quelle que soit la confiance que le physicien accorde aux machines magnéto-électriques; il serait imprudent de n'en pas emménager au moins deux, tenues prêtes à se suppléer; par suite, il faut compter deux machines à vapeur; quant aux régulateurs, ils sont trop délicats de construction pour qu'il soit possible d'en limiter le nombre. Un phare à l'huile a rarement exigé plus de quatre hommes (le personnel est toujours compté au double du service); dans la nouvelle organisation, il faut ajouter un mécanicien et un chauffeur. Si simple que soit rendue la production de la lumière électrique, elle est encore trop compliquée pour qu'il soit possible de l'installer dans les phares placés en mer; elle ne peut s'appliquer qu'aux phares des côtes de premier ou de second ordre.

L'avantage de cette transformation n'est pas appréciable dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère; les phares de premier ordre (et nous ne devons parler que de ceux-là) *portent* aussi loin

que le permet l'élévation de leur foyer au-dessus du niveau de la mer. — L'intérêt d'un excès de puissance lumineuse ne se présente donc que dans les temps de brume. — Un phare de premier ordre à feu fixe s'aperçoit à $37^k,40^m$ pour les temps clairs; il est est réduit à $8^k,45^m$ de portée par une brume prononcée; c'est donc dans ce cas qu'il faut souhaiter l'accroissement d'intensité lumineuse; or, si l'on considère le cas extrême où les feux fixes et à éclipses, alimentés à l'huile, donnent comme portées $4^k,89^m$ et $5^k,77^m$, — les phares électriques donneront $5^k,77^m$ et $6^k,78^m$. — Où est donc le véritable intérêt? Le voici. Le service du phare comportant deux machines magnéto-électriques, on pourra les appliquer toutes deux à la lampe électrique et accroître ainsi immédiatement l'intensité de la lumière émise. — A côté de cet avantage se présentent cependant de nombreux inconvénients. Les gardiens seront-ils juges assez compétents de l'opportunité de cet accroissement d'intensité lumineuse? Ces variations ne seront-elles pas, au contraire, susceptibles de devenir des causes d'erreurs déplorables pour les navigateurs qui, on le sait, déduisent de l'éclat de la lumière du phare leur distance à la côte.

Quoique l'éclairage des vaisseaux nous ait toujours paru une des applications les plus importantes que puisse recevoir la lumière électrique, nous en sommes encore à regretter qu'aucune décision n'aît été prise à cet égard. Des expériences et des essais, voilà encore où nous en sommes.

L'éclairage des mines a pleinement réussi, et c'est à M. Bazin, directeur des ardoisières d'Angers, que revient l'honneur de l'initiative ; la machine magnéto-électrique a dignement tenu son emploi : c'était, dit-on, vraiment plaisir que de voir l'ardeur au travail des ouvriers qui s'égayaient sous ces rayons bienfaisants. On espère parvenir à employer constamment cette lumière. La dépense sera plus grande sans doute; mais les ouvriers auront plus de cœur au travail, et l'affaire se soldera encore en bénéfice. Malheureusement on ne peut souhaiter ce mode d'éclairage aux ouvriers des mines de houille; ils le payeraient trop cher; plongés souvent dans des mélanges détonnants, les mineurs de houille ne seront complétement à l'abri que lorsqu'ils auront une lumière privée de toute communication avec l'atmosphère ambiante. La lampe de Davy est loin, en effet, d'avoir complétement supprimé les explosions, et les journaux en signalent encore un trop grand nom-

bre. Il est donc urgent que les directeurs de mines, que les ingénieurs mettent entre les mains des ouvriers un instrument d'éclairage complétement indépendant de leur volonté. Dans cet ordre d'idées, nous ne connaissons rien de mieux que l'appareil fondé sur l'emploi de l'étincelle d'induction qui a été décrit dans le tome II de l'*Annuaire scientifique*.

Le principe est resté le même, mais l'appareil a subi quelques modifications indiquées par la pratique. Tout le système, pile, bobine et lampe, est porté par l'ouvrier sans qu'il soit gêné pour exécuter son travail : la pile consiste en deux couples à sulfate de mercure ; la bobine, très-petite, se met aisément dans une gaîne portée en sautoir, et la lampe se fixe sur un pied qui sert au besoin de canne. D'après le dire des ouvriers qui ont essayé cette lampe, la lumière fournie est suffisante pour se guider à travers la mine, et même pour travailler [1].

Le même ingénieur qui se préoccupe de l'éclairage des mines par la lumière électrique, M. Bazin, a obtenu l'autorisation de tenter l'application de cette source lumineuse à l'éclairage des travaux sous-marins. Ces essais ont été faits au port de Lorient, et, comme pour aider à la démonstration, la nuit choisie était des plus noires et le temps complétement orageux.

« Avec la machine magnéto-électrique, dit le *Courrier de Bretagne*, M. Bazin a d'abord éclairé tout le grand bassin de cent mètres de long, où étaient à radouber le vaisseau l'*Européen* et un autre navire : — le jour, on peut le dire, régna dans toute cette étendue. Des ingénieurs descendirent dans les appareils à plongeur et purent examiner tous les détails des coques des navires ; — un plongeur, descendu à cinq mètres de profondeur et distant de six mètres de l'appareil lumineux, put lire les subdivisions d'une échelle métrique. Voici donc des tentatives très-sérieuses et qui promettent sans doute de fécondes et rapides applications. »

Le journal qui rapporte ces expériences, signale un fait curieux qui vient appuyer des remarques que nous avons en aussi occasion de faire : c'est que les poissons sont très-impressionnables par cette vive lumière ; de très-loin, ils s'élancent vers les rayons intenses

[1] Il faut noter que les mineurs, par suite d'une longue habitude, se contentent de lumières très-faibles ; ce qui serait encore obscurité pour les habitants de la surface de la terre est déjà clarté pour eux.

qui pénètrent l'eau et ils exécutent des sauts vertigineux dans la région illuminée. Nous montions sur la Seine un bateau porte-phare électrique, et lorsqu'on dirigeait le faisceau sur la surface de l'eau, on voyait briller dans toute la sphère éclairée les écailles nacrées des poissons; un instant illuminés, ils se replongeaient dans l'obscurité que le contraste nous faisait paraître plus profonde; en même temps, des myriades d'insectes voltigeaient autour du fanal.

La lumière oxy-hydrogène, dite de Drummond, est d'un usage moins facile que la lumière électrique ; elle doit borner son rôle à rendre moins dispendieuse pour les amphithéâtres scientifiques l'excellente méthode de démonstration par projection, et à suppléer, dans nombre de cas, la lumière électrique au théâtre ou dans les fêtes. On connaît la disposition de l'appareil dû à MM. H. Deville et Debray ; on sait qu'elle écarte tout danger d'explosion, puisque le mélange des gaz ne se fait qu'à la sortie du chalumeau. L'oxygène est toujours obtenu en décomposant par la chaleur un mélange de chlorate de potasse et de peroxyde de manganèse ; on n'a pas trouvé, jusqu'à présent, de procédé plus industriel, car la préparation par la décomposition de l'acide sulfurique au moyen de la chaleur, très-facile en théorie, n'est pas encore très-commode à appliquer sur une grande échelle.

Tout le monde sait que la lumière blanche se décompose, en passant au travers d'un prisme de verre, en rayons de différentes couleurs, qui possèdent des propriétés fort différentes; les rayons *jaunes* constituent la partie éclairante du spectre lumineux, l'*orangé* la partie calorifique, les rayons violets et *ultrà-violets* sont les seuls qui jouissent de la propriété d'impressionner les écrans photographiques. Que l'on produise les spectres des sources de lumière que nous connaissons, chacune aura son image caractéristique qui se distinguera par la prédominance de la couleur de la flamme, ou par celle des diverses nuances, si elle est le résultat d'un mélange. Ainsi la flamme d'une lampe à alcool salé ne donnera à travers le prisme que des rayons *jaunes*, c'est-à-dire qu'elle est *monochromatique;* les autres sels donnent bien une nuance prédominante, mais les rayons voisins ne sont pas absolument effacés. L'arc voltaïque donne la même image prismatique que le soleil, mais cette lumière naturelle est plus riche en rayons violets. La flamme oxy-hydrogène est plus éclairante, c'est-à-dire

plus jaune que celle de l'arc voltaïque ; aussi, elle contient moins de rayons violets et, par suite, ne pourrait convenir pour les opérations photographiques. Son rôle est donc limité à la production d'effets lumineux intenses, tandis que la lumière électrique pourrait avoir l'ambition de suppléer le soleil dans la production des phénomènes chimiques. Malheureusement, les photographes ne sont pas en position d'acquérir : machine à vapeur, machine magnéto-électrique etc.; il ne faut donc pas regarder cette application comme industrielle, et les opérateurs doivent jusqu'à présent se contenter de la lumière solaire pour produire leurs épreuves. Toutefois, une nouvelle lumière va peut-être pouvoir leur rendre d'éminents services et créer une nouvelle industrie qu'on pourrait appeler la *photographie de nuit*. Chacun a vu, dans les cours, brûler à la surface de l'eau du potassium et aussi du sodium ; en remontant l'échelle des métaux, on se rappelle encore la combustion du fer dans l'oxygène, voire même celle du cuivre ; mais, ce qui est plus nouveau et plus intéressant, c'est la combustion des métaux peu usuels comme le calcium, et surtout le magnésium. — M. Lies Bodart s'est attaché, à une certaine époque, à rendre pratique et courante la préparation du calcium ; quel était son but ? Il ne l'a pas dit : depuis ces tentatives, nous n'avons pas entendu parler d'applications trouvées à ce métal. Le magnésium a été plus heureux, quoiqu'il ait dû attendre à l'année qui vient de s'écouler pour fixer l'attention des expérimentateurs. C'est en 1828 que M. Wöhler, décomposant le chlorure d'aluminium par le potassium, ouvrit une voie nouvelle à la préparation des métaux alcalino-terreux. Trois ans plus tard, en effet, M. Bussy obtenait le magnésium en traitant le chlorure de ce métal de la même manière. On se figurera quel devait être le prix de revient de ce produit quand on se rappelle que le potassium coûtait il y a dix ans 1000 francs le kilo. Dans ces derniers temps, à l'occasion de leurs travaux sur la préparation industrielle de l'aluminium, MM. H. Deville et Caron ont montré que la méthode de préparation qu'ils avaient employée était applicable au magnésium ; actuellement, ce métal s'obtient en traitant dans un fourneau de construction spéciale un mélange ainsi constitué :

Chlorure de magnésium	600
Sodium	100
Fluorure de calcium	100

Avec ce mélange, on obtient 45 parties de magnésium.

Le magnésium bruni a presque l'éclat de l'argent; il se laisse limer et est assez malléable; sa densité est 1,75; il fond vers 500°. et il se volatilise à la chaleur blanche. Le magnésium en brûlant, disent les premiers expérimentateurs, produit une flamme éclatante qui se distingue par des effets de bleu indigo. Les chimistes ont ajouté encore que ce métal se conserve assez bien dans l'air, et qu'il décompose lentement l'eau à froid. Il était réservé aux physiciens de dévoiler le rôle pratique que ce métal est apte à remplir. C'est sir David Brewster qui fut le promoteur de la destinée industrielle du magnésium; c'est lui, qui, le premier, vulgarisa la lumière intense que produit ce métal en brûlant à l'air; c'est lui qui, étudiant le spectre de cette lumière, indiqua ses propriétés photogéniques.

L'application de ce métal comme source de lumière peut avoir une grande importance. Voici les données technologiques indiquées par M. Brewster : Un fil de magnésium, mesurant $0^{mm},297$ de diamètre, donne en brûlant autant de lumière que 74 bougies stéariques. En une minute, on brûle $0^{m},987$ de ce fil, ce qui représente un poids de $0^{gr},1204$. Pour maintenir pendant dix heures une lumière égale à celle de 74 bougies stéariques, ce qui correspond à la combustion de 10 kilog. de bougies, il faut brûler $72^{gr},2$ de magnésium. Pour être appliqué comme source de lumière, le magnésium doit être amené à l'état de fil; c'était une difficulté à vaincre. Le fil de magnésium s'obtient en forçant le métal dans une presse d'acier chauffée et percée d'un orifice correspondant au diamètre que le fil doit avoir.

Le fil de magnésium s'allume aisément au sein de la flamme d'une lampe à alcool. Celle-ci est plus favorable que celle du gaz, et surtout que celle d'une bougie, parce qu'elle ne produit pas de dépôt de noir de fumée sur le métal. Dès l'incandescence, on peut retirer le fil qui brûle en répandant une lumière vive d'un blanc bleuâtre. On peut prétendre, en associant un nombre suffisant de fils, atteindre l'intensité lumineuse de l'arc voltaïque; mais, le caractère propre à chacune de ces deux lumières est différent : l'abondance des rayons violets de la lumière au magnésium lui donne des qualités photogéniques exceptionnelles. M. Brothers dit avoir obtenu en 50 secondes, à l'aide de cette lumière, un excellent cliché de reproduction de gravure; il ajoute que le même

sujet, tiré à la lumière solaire, ne donnait pas un résultat plus satisfaisant. M. Roscoë cite un fait plus décisif ; il a montré à la société photographique d'Édimbourg des épreuves positives tirées avec un cliché représentant un sujet tiré à la lumière au magnésium : la distribution de l'ombre et de la lumière est très-satisfaisante ; on est même tenté de croire que ce mode d'éclairage adoucit les tons. — En pleine séance de cette société, un buste a été photographié en cinquante-neuf secondes d'éclairage et la reproduction fut jugée très-bien réussie. Il ne suffit pas de brûler le fil, il faut encore combiner un appareil qui maintienne le point incandescent au foyer d'un miroir réflecteur, ou d'un système lenticulaire. Cette organisation est très-simple à concevoir : au lieu d'un simple fil, il est préférable d'employer une *tresse* de deux ou trois fils de diamètre minime ($\frac{1}{3}$ de millimètre), la lumière est plus homogène, et on perd moins de métal. Cette tresse est engagée entre deux cylindres, à surfaces garnies d'aspérités, et ceux-ci fonctionnant en sens inverse, et mus par un mouvement d'horlogerie, déroulent le fil comme le papier se déploie dans le télégraphe Morse : la mèche sort, en traversant un tube soudé qui la maintient au foyer du système optique dont l'appareil est armé. Cette *lampe au magnésium* a un très-petit volume ; elle se manie à la main très-aisément ; le fil s'enflamme à l'aide d'une petite lampe à alcool fixée à l'appareil ; un bouton permet de déclencher le rouage et de l'arrêter ; le fil s'éteint alors au simple souffle.

La lumière au magnésium est à l'ordre du jour ; on la propose naturellement pour la photographie de nuit, mais elle est aussi mise en avant pour les effets de scène. Tels sont probablement les seuls rôles qu'elle est apte à remplir. En photographie, elle a fait ses preuves, il est incontestable qu'elle est moins dispendieuse que la lumière électrique. Quant aux effets de scène, nous nous sommes assurés que, le prix de revient mis à part, la lumière au magnésium serait d'un emploi très-pratique ; dans plusieurs circonstances même elle se substituerait avantageusement à la lumière électrique. Disons, pour terminer, que le magnésium en fils vient actuellement d'Angleterre et que son prix de revient est en ce moment 36 fr. 20 l'once (les 31 grammes). Il est certain que, si cette lumière cessait d'être une pure curiosité, le magnésium cesserait aussi d'être coûteux.

Dans l'état actuel de la science on compte donc trois soleils artificiels. — Tous les trois sont dus à une même cause, *l'incandescence d'une matière solide*. Le courant électrique entraîne les molécules de charbon et les rend éblouissantes; la combustion de l'oxygène et de l'hydrogène porte la chaux à une température excessive, et cette matière solide donne à la flamme l'éclat qui lui manque quand les deux gaz brûlent isolément; enfin, dans la lumière au magnésium, c'est l'oxyde produit par la combustion même du métal, c'est la magnésie qui, portée d'abord par cette combustion à la chaleur blanche, donne à la flamme ses brillants rayons; cette lumière se rapproche, au reste, par plus d'un point, de celle que donne la combustion du zinc, utilisée depuis longtemps dans les feux d'artifice. — De ces trois lumières éblouissantes, celle qui fournit l'électricité se rapproche le plus du vrai soleil ; mais il est assez bizarre que les deux autres se partagent pour ainsi dire ses propriétés : ainsi, la faculté éclairante et calorifique est le propre de la flamme *oxy-hydrogène*, tandis que la propriété photogénique est le caractère de la *lumière au magnésium* ; à elles deux elles constituent la lumière solaire dédoublée.

Ernest Saint-Edme

CHIMIE APPLIQUÉE

LES POISONS VÉGÉTAUX

Si la mission que la science doit remplir ici-bas est parfois douce et bienfaisante, si le médecin, pénétrant la cause du désordre de nos organes, sait la combattre et voit refleurir sous ses yeux la jeunesse et la santé ; si l'ingénieur, si le chimiste perfectionnent leur art et rendent plus salubre, moins dangereux pour l'ouvrier le travail qui amène son salaire quotidien ; si, dans ces circonstances, le devoir du savant est d'accord avec ses désirs, parfois aussi sa mission change de caractère, et l'homme de science peut être appelé à un pénible labeur, où il n'avance que rempli de crainte et glacé d'horreur. Une personne succombe, sa mort rapide, les circonstances étranges qui l'accompagnent, l'intérêt qu'avaient à cette fin prématurée quelques-uns de ceux qui ont entouré le mourant à ses derniers moments, excitent l'étonnement, l'opinion publique s'émeut, le mot empoisonnement est prononcé ; l'instruction commence, le chimiste est appelé. Sur lui, dès lors, repose une responsabilité terrible, la vie ou la mort du prévenu sont entre ses mains ; il lui faut s'armer de courage, écarter l'aspect de cette tête frémissante, qui suit chacun de ses mouvements et cherche à devancer le résultat de ses travaux ; il lui faut bannir toute crainte, braver tous les dégoûts, et lentement, sûrement, démêler au milieu des matières les plus complexes et les plus répugnantes le poison qu'a versé une main meurtrière.

A tort, on a fait peser sur la science l'accusation de fournir au crime des armes terribles : presque tous les poisons ont été connus des empiriques avant de l'être des hommes de science ; et c'est ici le crime qui a marché le premier dans la voie des découvertes. — A l'exception du phosphore obtenu pour la première

fois par la chimie, toutes les matières vénéneuses sont connues depuis un temps reculé, et la science ne mérite pas les reproches qu'on lui a adressés avec tant de légèreté ; elle mérite au contraire l'approbation de tous par la sûreté et l'habileté avec lesquelles elle découvre toujours les substances vénéneuses. Elle répand ainsi une crainte salutaire ; elle dit bien haut, afin que personne ne l'ignore et n'espère échapper au châtiment, que ses méthodes sont exactes, précises, qu'elle arrivera toujours aujourd'hui à reconnaître les matières qui ont servi à donner la mort. On avait cru, il y a quelques années, que les poisons végétaux échappaient plus facilement que les autres à l'œil vigilant des experts : il n'en est rien; et M. Stas non-seulement a montré dans le fameux procès Bocarmé qu'on pouvait aller rechercher dans les organes des victimes les matières végétales qui avaient occasionné la mort, aussi bien que le poison minéral le plus vulgaire ; mais il a de plus formulé une méthode de recherche précise, qui, mise à de sérieuses épreuves, en est sortie triomphante.

Si le chimiste chargé d'une de ces terribles missions éprouve une poignante douleur en voyant apparaître un à un tous les caractères de la matière vénéneuse, quelle joie aussi ressent-il quand la conviction se fait dans son esprit, et que son travail consciencieux lui démontre clairement que le prévenu est innocent, que des circonstances fortuites ont seules conduit à poursuivre une instruction dont il démontre l'inanité en venant déclarer que ses travaux aboutissent à un résultat négatif, que la personne qu'on croyait empoisonnée est morte naturellement, et que sa mort n'appellera pas une expiation terrible! Si tout à l'heure le savant empruntait à la justice son glaive pour punir, ici, il protége l'innocent de son égide; il résiste aux entraînements populaires, parfois aussi violents qu'irréfléchis; il éprouve la joie la plus vraie qui puisse faire battre un cœur généreux : il empêche une injustice.

La description rapide de quelques-unes des matières vénéneuses que produisent les végétaux, l'étude de l'action physiologique de ces matières vénéneuses, l'examen critique de quelques opinions accueillies trop légèrement par l'histoire, puis l'exposé des méthodes employées par la médecine légale pour rechercher et caractériser les matières vénéneuses d'origine organique, sont l'objet de cet article.

I

Poisons végétaux. — Conicine. — Alcoloïdes de l'opium. — Strychnine et Brucine. — Digitaline. — Nicotine. — Acide prussique. — Barbasco. — Curare.

Toutes les origines nous échappent ; de toute antiquité, l'humanité nous apparaît avec son cortége d'animaux et de végétaux domestiques; les hommes, dès les temps les plus reculés, sont déjà éleveurs de moutons; ils récoltent du froment et de l'orge; ni les uns ni les autres ne se rencontrent plus à l'état sauvage. Les plantes comestibles ne sont pas les seules que l'humanité ait, dès les temps reculés, appris à connaître, et les plus anciens monuments historiques nous montrent déjà les hommes possesseurs de poisons qui rendent mortelles les blessures des flèches. — Dans le premier livre de l'*Odyssée*, Minerve apparaît à Télémaque, elle l'encourage à résister aux entreprises des prétendants qui ont envahi la maison paternelle et qui vivent dans la mollesse et la débauche. « Quel changement, dit-elle, si Ulysse apparaissait tout à coup à la porte de son palais avec son casque, son bouclier et ses javelots, tels que je le vis dans le palais de mon père, lorsqu'il revint d'Ephyre, de la cour d'Ilus, auquel il avait demandé un poison mortel pour frotter les pointes de ses flèches. » — Quel était ce poison mortel? C'est ce qu'il est impossible de dire aujourd'hui ; les anciens avaient certainement reconnu combien sont redoutables les morsures de quelques serpents, peut-être empruntaient-ils à ces animaux le poison qu'ils sécrètent; peut-être aussi connaissaient-ils les propriétés toxiques que présentent certaines plantes. — On a trouvé en Égypte de très-nombreux spécimens d'animaux conservés, soustraits à l'action décomposante du temps; ces préparations exigeaient des connaissances chimiques assez étendues, et il n'est pas improbable que les anciens aient pu découvrir les propriétés vénéneuses de quelques-unes des plantes qu'ils cultivaient ou qui croissaient spontanément dans les contrées qu'ils habitaient. Si nous concluons de ce qui se passe encore sous nos yeux à ce qui a dû avoir lieu autrefois, nous reconnaissons qu'une civilisation peu avancée peut cependant avoir connaissance de poisons violents ; les peuplades sauvages de l'Amazone enduisent aujourd'hui encore leurs flèches de curare et en rendent ainsi les blessures mortelles.

Les poisons minéraux paraissent avoir été d'un emploi plus récent ; Pline ne connaît guère que les composés du mercure et ceux du plomb comme étant doués de propriétés vénéneuses ; parmi ces derniers, le sublimé corrosif seul est un poison violent ; et s'il a servi au dix-septième siècle à la Brinvilliers et à ses complices, il ne paraît pas avoir été employé dans l'antiquité. L'acide arsénieux, improprement appelé arsenic, dont les Borgia ont sans doute fait usage et qui est devenu aujourd'hui le plus vulgaire de tous les poisons [1], n'a dû être obtenu en quantité un peu notable que lorsque les progrès de la métallurgie l'ont fait préparer comme produit accessoire du traitement de certains minerais ; aussi les toxiques végétaux ont-ils eu dans l'antiquité une importance plus grande qu'ils n'en ont aujourd'hui [2], et parmi eux se place au premier rang par son importance la ciguë, qui servit au meurtre juridique d'une des gloires les plus pures de la Grèce, de Socrate.

La ciguë aquatique fait partie de la famille des ombellifères, qui renferme plusieurs plantes comestibles ; les carottes, les panais, placés dans le même groupe que la ciguë, ont quelque analogie avec elle, et il n'est pas rare que des personnes inexpérimentées confondent la plante vénéneuse avec celles qui jouissent d'une parfaite innocuité, aussi les accidents dus à cette plante sont-ils assez fréquents. Le principe toxique de la ciguë est la conicine, matière solide, blanche et cristalline.

Parmi les familles de végétaux riches en principes toxiques, se trouvent les papavéracées, qui comprennent plusieurs espèces de pavots ; c'est du pavot somnifère qu'on extrait surtout l'opium, matière qui donne naissance en Orient à un commerce important ; si le suc desséché des pavots, l'opium, qui, dissous, prend le nom

[1] En France, il y a eu, en 1841, 52 empoisonnements, dont 38 par l'acide arsénieux ; en 1842, sur 48 empoisonnements, 29 étaient dus à la même matière ; enfin, ce poison comptait pour 29 sur 49 et 41 sur 52, en 1843 et en 1844. En Angleterre, de 1837 à 1838 inclusivement, sur 546 empoisonnements, 186 étaient dus à l'acide arsénieux.

[2] Le poëte grec Nicandre, qui vivait deux siècles avant Jésus-Christ, a composé un traité en vers sur les poisons et leurs remèdes (*Alexipharmaca*). Parmi les poisons végétaux, il cite l'aconit (*aconitum lycoctonum*), la coriandre, la ciguë, la colchique, le lotus dorychnium, la jusquiame, l'opium, les champignons. En fait de poisons minéraux, il ne cite que le blanc de plomb (carbonate de plomb) et la litharge (oxyde de plomb).

de laudanum, est une matière dangereuse et toxique lorsqu'elle est employée en quantité considérable, elle constitue aussi un médicament précieux, un agent puissant, dont la médecine fait souvent usage ; aussi y a-t-il intérêt à multiplier le pavot médicinal. Cette culture a été entreprise il y a déjà quelques années, par un pharmacien de Clermont-Ferrand, M. Aubergier. En 1855, M. Aubergier reçut du jury international une grande médaille d'honneur comme récompense de cette utile tentative, qui n'a pas donné cependant tous les résultats avantageux sur lesquels on comptait.

On sait quelle fureur les Chinois apportent à satisfaire l'habitude qu'ils ont contractée de fumer de l'opium; les effets de cette manie sont terribles ; l'ivresse, la somnolence légère, que procure d'abord la fumée de l'opium, dégénèrent bientôt en abrutissement complet, quand les malheureux atteints de cette funeste habitude ne savent plus résister à leur penchant; on essayerait en vain de lutter contre cette passion envahissante; il n'est que trop facile de transiger avec la délicatesse peu scrupuleuse des fonctionnaires chinois, et l'Angleterre, malgré les prétentions morales qu'elle affiche parfois avec tant de rigueur, n'hésite pas cependant à favoriser dans l'Inde la culture et l'exportation d'une denrée qui a de si funestes effets sur les habitants du Céleste-Empire. On peut tirer de l'opium plusieurs matières cristallines différentes, qui, à l'exception d'une seule, font toutes partie des alcaloïdes, c'est-à-dire des matières organiques qui peuvent se combiner avec les acides, et jouer dans les combinaisons salines un rôle semblable à celui de la potasse, de la soude ou de la chaux; de là le nom de base organique ou d'alcaloïde (corps ressemblant aux alcalis), qu'on donne parfois à ces matières quaternaires formées de charbon, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. La morphine est de toutes les bases contenues dans l'opium la plus abondante, et celle qu'on emploie le plus en pharmacie sous forme d'acétate ou de chlorhydrate.

Les anciens n'ont pas ignoré les effets des pavots, car les poëtes du temps emploient souvent une métaphore qui indique qu'ils connaissaient les propriétés narcotiques de cette plante. Les personnes qui ont pris des quantités considérables de préparations renfermant la morphine ressentent tous les symptômes de l'ivresse, avec un besoin de sommeil irrésistible. Les doses énormes produisent parfois des effets moins funestes que des quantités plus faibles; on

cite l'histoire d'un élève en pharmacie qui, à la suite d'un profond chagrin, avala 23 grammes d'acétate de morphine : ayant été traité immédiatement, il fut sauvé. Les affusions d'eau froide sur la tête sont un des modes de traitement qui paraissent réussir le mieux ; elles réveillent une sensibilité qui semblait avoir disparu, et permettent aux vomitifs de produire leur effet.

Tandis que l'opium agit dans la plupart des cas comme narcotique, on cite d'autres circonstances, au contraire, dans lesquelles il semble doué de propriétés excitantes analogues à celles du café. Un observateur digne de foi rapporte qu'un écrivain anglais prenait 30 gouttes de laudanum le soir, quand il sentait le sommeil le gagner ; deux ou trois heures après, quand la fatigue l'accablait de nouveau, il reprenait 100 gouttes et éprouvait alors une excitation très-vive qui lui permettait de prolonger encore son travail pendant plusieurs heures. Le docteur Burnes, dans un voyage au Cachemire, vit un cavalier qui lui servait de guide partager avec son cheval épuisé une petite quantité d'opium; le cheval fournit avec facilité une nouvelle journée de quarante milles, et le cavalier lui-même devint plus actif et plus animé.

Il est plus facile aujourd'hui de se rendre compte de ces effets variés, car M. Cl. Bernard, en étudiant les propriétés de l'opium, a montré que les six alcaloïdes qu'on peut isoler de cette matière complexe ont des propriétés narcotiques et toxiques très-différentes [1].

La morphine, la narcéine et la codéine ont seules la propriété de faire dormir. La narcotine, la papavérine et la thébaïne en sont dépourvues. — Les trois alcaloïdes soporifiques présentent encore entre elles des différences notables, et chacune d'elles procure un sommeil caractéristique. — La morphine a une haute propriété soporifique, mais elle est peu toxique et peut être administrée en quantité assez notable sans inconvénient ; généralement M. Bernard employait, pour endormir un jeune chien, 5 centigrammes de chlorhydrate de morphine. Bien qu'encore légèrement sensible, l'animal se prête cependant sans résistance à toutes les opérations qu'on veut lui faire subir ; les bruits soudains, les pincements, le font tressaillir, et son réveil est particulièrement caractéristique. « Les chiens, en se réveillant, ont constamment le même aspect ;

[1] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 406. 1864.

ils sont souvent effarés, les yeux hagards, le train postérieur surbaissé et à demi paralysé, ce qui leur donne une démarche tout à fait analogue à celle d'une hyène. Quand on appelle les chiens dans cet état, ils se sauvent comme effrayés ; ils ne reconnaissent pas leur maître, et cherchent à se cacher dans un coin obscur. »

La codéine n'endort jamais aussi profondément que la morphine; l'animal est toujours très-excitable au bruit; la sensibilité est toujours moins émoussée que par l'usage de la morphine; le réveil est aussi très-différent. « Les animaux codéinés à dose égale se réveillent sans effarement, sans paralysie du train postérieur, et avec leur humeur naturelle; ils ne présentent pas les troubles intellectuels qui succèdent à l'emploi de la morphine. »

M. Cl. Bernard a fait, pour montrer cette différence d'action, une expérience fort curieuse : « Deux jeunes chiens, habitués à jouer ensemble, et tous deux d'une taille un peu au-dessous de la moyenne, reçurent, sous l'aisselle, l'un 5 centigrammes de chlorhydrate de morphine dissous dans 1 cent. cube d'eau, et l'autre 5 centigrammes de chlorhydrate de codéine administrés de la même manière. Au bout d'un quart d'heure environ, les deux chiens éprouvèrent des effets soporifiques. On les mit tous deux sur le dos, et ils dormirent tranquilles à peu près trois ou quatre heures. Alors les deux animaux, réveillés, présentaient le contraste le plus frappant. Le chien morphiné courait avec une démarche hyénoïde et l'œil effaré, ne reconnaissant plus personne, et pas même son camarade codéiné, qui, en vain, l'agaçait et lui sautait sur le dos pour jouer avec lui. Ce n'est que le lendemain que le chien à la morphine reprit sa gaieté et son humeur ordinaires. Deux jours après, les deux chiens étant très-bien portants, je répétai exactement la même expérience, mais en sens inverse, c'est-à-dire que je donnai la codéine à celui qui avait eu la morphine, et *vice versa*. Les deux chiens dormirent à peu près aussi longtemps que la première fois ; mais au réveil les rôles des deux animaux furent complétement intervertis comme l'avaient été l'administration des substances. Le chien qui, deux jours auparavant, s'était réveillé alerte et gai, était aujourd'hui ahuri et à demi paralysé à la suite du sommeil morphéique, tandis que l'autre s'était réveillé vif et joyeux. »

La narcéine produit à doses égales un sommeil plus profond que la morphine; mais les animaux ne sont pas cependant abrutis

par un sommeil de plomb comme ils le sont quand ils ont pris de la morphine; au réveil, ils reviennent aussi beaucoup plus vite à leur état normal. A la suite de ces recherches, M. Cl. Bernard a préconisé l'emploi de la narcéine pour obtenir le sommeil sans les maux de tête au réveil qui suivent toujours l'emploi de la morphine, et les expériences faites sur l'homme ont complétement vérifié les faits observés sur les animaux.

Contrairement à ce qu'on pensait généralement, la morphine est un des alcaloïdes les moins toxiques de l'opium. La thébaïne paraît au contraire le plus actif. « Pour donner » dit M. Cl. Bernard, « une idée de la différence qui existe entre les deux alcaloïdes, je dirai que 1 décigramme de chlorhydrate de thébaïne dissous dans 2 cent. cubes d'eau, injecté dans les veines d'un chien de 7 ou 8 kilogr., le tue en 5 minutes, tandis qu'on a pu injecter jusqu'à 2 gr. de chlorhydrate de morphine dans les veines d'un animal de même taille sans amener la mort; après la thébaïne arrive, pour la toxicité, la codéine; les autres alcaloïdes sont rangées dans l'ordre suivant : au troisième rang vient la papavérine, puis la narcéine, la morphine, et enfin la narcotine. Les alcaloïdes de l'opium amènent souvent la mort au milieu de convulsions tétaniques violentes. Si on veut ranger encore ces six bases organiques d'après leurs propriétés convulsivantes, on trouve : 1° la thébaïne; 2° la papavérine; 3° la narcotine; 4° la codéine; 5° la morphine; 6° la narcéine.

La strychnine et la brucine, les deux alcaloïdes les plus vénéneux qu'on connaisse, s'extraient de végétaux exotiques. — La noix vomique, qui renferme ces deux matières toxiques, provient du *strychnos nux vomica*, qui croît à Ceylan, au Malabar et sur la côte de Coromandel. La fève de saint Ignace, dans laquelle on ne rencontre que de la brucine, est l'amande d'un fruit que porte l'*ignatia amaria*, arbre des Philippines. —Les matières désignées dans le commerce sous les noms de fausse augustare, de bois de couleuvre, d'upas teinté, proviennent encore des végétaux de la famille des strychnées. — Les effets de la strychnine et de la brucine sont terribles : les spasmes, les convulsions, le tétanos même, ne tardent pas à suivre leur ingestion. On cite l'exemple d'une jeune femme qui, dans un moment de désespoir, but 8 à 10 grammes de poudre de noix vomique délayée dans l'eau; les effets furent très-rapides ; avant qu'on eût pu se procurer de l'émétique, c'est-

à-dire avant l'espace de dix minutes, les convulsions commencèrent; elles revinrent à quatre reprises différentes, et la malade expira une heure après l'ingestion du poison. — La brucine et la strychnine employées pour combattre la paralysie sont des médicaments dangereux; pris en petites quantités, ils paraissent être facilement supportés; mais le médecin doit se garder d'une sécurité trompeuse et ne pas se hâter d'augmenter les doses : un malade qui, pendant plusieurs jours, avait pris sans inconvénient, en deux doses, 5 centigrammes de strychnine, mourut en quelques heures quand on voulut élever la dose à 7 centigrammes, c'est-à-dire lui faire prendre en une seule fois 35 milligrammes de cette dangereuse matière. On n'a pas oublié encore le célèbre procès Palmer, qui excita chez nos voisins d'outre-Manche une si vive préoccupation : le médecin Palmer fut convaincu d'avoir empoisonné plusieurs personnes avec de la strychnine; il espérait sans doute que la ressemblance qui existe entre les accidents que détermine ce redoutable poison et les attaques d'épilepsie lui permettrait d'échapper au châtiment; il n'en fut rien, et, malgré les difficultés que rencontra l'expertise, le jury n'hésita pas à rendre un verdict de culpabilité.

Quoique les climats tempérés ne produisent pas de plantes aussi vénéneuses que celles qui appartiennent à la famille des strychnées, cependant on y rencontre quelques végétaux qui renferment des principes toxiques doués d'une grande énergie. — La famille des solanées, notamment, bien que la pomme de terre y soit comprise, comprend aussi le tabac, le datura, la belladone, la jusquiame et la mandragore, qui toutes sont vénéneuses. — Elles renferment plusieurs principes toxiques qu'on doit encore ranger parmi les alcaloïdes; la nicotine qu'on extrait du tabac n'est plus une matière solide comme les poisons végétaux extraits des papavéracées et des strychnées; c'est un liquide extrêmement âcre, corrosif, caustique; ses vapeurs sont irritantes; aussi n'est-ce pas un poison qu'il soit possible de dissimuler; on ne peut évidemment l'administrer qu'en employant la violence. — La daturine, extraite des datura, et l'atropine que fournit la belladone, sont, au contraire, des corps solides doués d'une saveur âcre et amère. La mandragore renferme aussi un principe toxique qui n'a pas été étudié jusqu'ici d'une façon complète. — Les empoisonnements accidentels dus à ces principes toxiques sont assez fréquents; des

enfants mangent les fruits du datura et succombent, des personnes ignorantes emploient des infusions de tabac en lavement et meurent. On connaît enfin la triste histoire du poëte Santeuil, qui mourut pour avoir avalé du vin mêlé de tabac en poudre. Dans une communication faite tout récemment à l'Académie des sciences, on a signalé encore un cas curieux d'empoisonnement par le tabac. Un contrebandier avait appliqué sur sa peau nue des feuilles de tabac pour les soustraire plus facilement aux recherches des agents de la douane; le tabac mouillé par la sueur détermina un véritable empoisonnement, qui fut, au reste, assez facile à guérir.

La digitaline, qu'un crime a rendue célèbre, est une matière blanche, faiblement cristallisée, extrêmement amère; elle diffère essentiellement des principes toxiques précédents, car elle ne renferme pas d'azote; on l'extrait de la digitale, jolie plante qu'on cultive volontiers dans les jardins pour ses fleurs d'un beau rouge vif. La digitaline agit très-vivement sur l'économie; elle provoque l'insomnie, le délire, des vomissements abondants, quand les doses sont considérables; la mort n'est pas instantanée, elle a lieu seulement après quelques heures. A Londres, en 1826, un charlatan avait administré à un malade une très-forte décoction de feuilles de digitale, qui amena la mort après vingt-quatre heures.

De tous les poisons végétaux, le plus violent est, sans contredit, l'acide prussique ou cyanhydrique : quelques gouttes suffisent pour donner la mort, qui est presque instantanée; il est bien rare que les soins les plus rapides puissent ranimer une personne qui a été empoisonnée par l'acide prussique employé en dissolution concentrée, et surtout anhydre. Dans les cours de chimie, on tue souvent des animaux avec ce poison, pour montrer qu'il agit avec une foudroyante rapidité, et si, en effet, on laisse tomber quelques gouttes sur l'œil d'un lapin, il succombe presque immédiatement, après s'être violemment agité dans de rapides convulsions. Les hommes ne résistent pas plus longtemps; un garçon de laboratoire trouvant sur une table une dissolution alcoolique d'acide prussique, dont l'odeur rappelle celle du kirsch, et, croyant rencontrer une liqueur agréable, en but une certaine quantité, il tomba foudroyé, en deux minutes il était mort. Les annales de la science ont enregistré un terrible empoisonnement dû à l'acide cyanhydrique; en 1830, un médecin de Bicêtre prescrivit à sept épileptiques du sirop cyanhydrique. Il y eut une erreur dans la préparation, et on fit prendre

aux malades une dose d'acide prussique considérable; vingt minutes après l'ingestion du poison le premier malade succombait, trois quarts d'heure n'étaient pas écoulés que le septième rendait le dernier soupir.

Il n'est pas impossible que les anciens aient eu connaissance des propriétés terribles de l'acide prussique; dans le récit qu'ont laissé les historiens latins de l'empoisonnement de Britannicus, on voit ce prince succomber presque immédiatement après quelques convulsions. La strychnine et la brucine n'auraient probablement pas produit une mort aussi rapide. Il n'est pas impossible sans doute que les Romains, qui faisaient avec l'Inde un commerce important, n'aient pu se procurer une certaine quantité des matières premières qui renferment ces deux alcaolïdes puisque, ainsi que nous l'avons vu, les végétaux qui les fournissent croissent dans les Philippines et dans l'Indoustan. Il paraît plus probable cependant que Locuste et les élèves qu'elle forma, d'après l'ordre de Néron, savaient distiller les feuilles de laurier-cerise, ou même avaient observé le changement qui survient dans les amandes amères lorsqu'elles sont broyées avec de l'eau; dans ces conditions, l'*amygdaline*, matière neutre que renferment ces amandes, se décompose sous l'influence de l'eau et d'une substance particulière, l'*émulsine*, qui semble jouer le rôle de ferment, et donne naissance à de l'essence d'amandes amères et à de l'acide cyanhydrique. Cette décomposition est due à l'influence d'un principe qui existe à la fois dans les amandes amères et dans les amandes douces; on peut observer de la façon la plus nette la production de l'acide cyanhydrique, par le contact de ces deux matières, dans une expérience qui est restée célèbre. On extrait à l'aide de l'alcool l'*amygdaline* qui existe dans les amandes amères; on extrait, d'autre part, avec de l'eau, l'*émulsine* qu'on trouve dans les amandes douces; les deux matières séparées sont complétement inactives, et on peut les faire prendre séparément à deux chiens, sans qu'ils en ressentent le moindre malaise; mais il n'en est plus ainsi si on leur fait prendre un mélange des deux matières; réagissant l'une sur l'autre dans les organes de l'animal, elles donnent naissance à l'acide cyanhydrique, qui amène rapidement la mort. Il arrive, au reste, encore journellement, des accidents par suite de l'imprudence des personnes ignorantes qui emploient, comme remèdes, les eaux distillées de laurier-cerise, les infu-

sions de fleurs de pêcher, ou enfin les amandes amères. Outre la racine de manioc qui renferme encore de l'acide prussique, on compte dans l'Amérique méridionale plusieurs plantes douées de remarquables propriétés toxiques; MM de Castelnau et Weddell ont fait connaître le barbasco, racine vénéneuse que les Indiens brisent à coups de bâton, puis qu'ils jettent dans les lacs où ils veulent se procurer du poisson; ces voyageurs rapportent qu'en une journée ils virent recueillir sur un lac de moyenne étendue de vingt à vingt-cinq mille poissons, qui bien qu'empoisonnés n'étaient nullement vénéneux; il est remarquable aussi qu'on peut boire impunément l'eau dans laquelle les poissons périssent. — Le plus redoutable des poisons qu'ait fournis l'Amérique du Sud est certainement le curare; on ne sait pas encore exactement comment les Indiens le préparent, et la confusion vient sans doute de l'existence de plusieurs poisons différents préparés pour rendre mortelles les piqûres des flèches. — MM. Roulin et Boussingault pensent que le curare n'est autre chose qu'une macération d'une certaine liane évaporée à consistance d'extrait et enfin complétement desséchée.

Le curare présente comme les venins une propriété curieuse; introduit dans la circulation, il détermine la mort avec une rapidité terrible; en quelques instants un animal tombe foudroyé, et cependant il peut être introduit dans l'estomac à dose assez considérable sans produire des effets aussi funestes; il est infiniment plus actif quand il pénètre dans le sang directement que lorsqu'il doit être absorbé par les voies digestives; cette propriété l'avait fait rapprocher par quelques personnes des venins qui jouissent, comme on sait, de cette même propriété; mais ce n'est pas là sans doute un caractère suffisant pour établir nettement l'origne du curare; nous avons vu, en effet[1], qu'on pouvait attribuer, sans doute, à l'état de viscosité plus ou moins grand d'un corps sa facilité d'absorption par les muqueuses de l'estomac, et on ne saurait affirmer que le règne végétal est impuissant à produire quelques-unes de ces matières *colloïdales* qui, produisant un effet physiologique rapide et terrible dans la circulation, ont une activité beaucoup moindre quand elles doivent pénétrer dans l'organisme au travers des parois des veines absorbantes.

[1] Voyez l'Absorption et la sécrétion chez les êtres vivants, *Annuaire de* 1864.

II

Actions variées qu'exercent les poisons sur l'économie. — Poisons du système nerveux sensitif, du système nerveux moteur, du système musculaire. — Remarquables recherches de M. Claude Bernard sur le curare, la nicotine, la strychnine, l'oxyde de carbone.

Un animal est plein de vie, tous ses organes fonctionnent avec la plus admirable régularité ; il est piqué par une flèche trempée dans une dissolution de curare, la blessure est si légère qu'il y est insensible, et cependant une dizaine de minutes sont à peine écoulées que l'animal périt. Quelle peut être cette action foudroyante qui laisse l'organisme entier, et dont l'effet est si rapide? Pourquoi ce poison est-il mortel lorsqu'il est introduit dans la circulation et relativement innocent lorsqu'il pénètre dans l'estomac ; comment agissent encore la nicotine, la strychnine, l'acide prussique? Comment ces matières, qui présentent une composition élémentaire semblable à celle des aliments, qui, comme la chair, comme le pain, sont formées de charbon, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, peuvent-elles tuer avec une si extraordinaire rapidité? sur quels organes portent-elles leur action toxique. Il faut, pour le découvrir, des recherches attentives et nous ne saurions prendre dans cette étude un meilleur guide que l'illustre chef de la physiologie française, M. C. Bernard, dont les nombreuses expériences ont considérablement éclairé le mécanisme de la mort par les poisons [1].

Le curare, dont l'action toxique a été particulièrement étudiée par M. Cl. Bernard, produit une mort rapide et qui paraît au premier abord sans douleur. Les symptômes de la mort par le curare présentent un aspect caractéristique sur lequel s'accordent tous les observateurs ; l'animal empoisonné ne semble pas ressentir la moindre douleur, il paraît seulement accablé par le sommeil, il est incapable de mouvement, il conserve toute son intelligence, mais tous les organes qui la devaient servir cessent d'obéir à sa volonté. — « Un chien d'une humeur douce avait été blessé par une flèche empoisonnée. D'abord l'animal ne s'en aperçut pas : il courait, gambadait joyeusement comme à l'ordinaire ; mais bien-

[1] *Leçons sur les substances médicamenteuses et toxiques*, par M. Cl. Bernard. — J. B. Baillère et fils, 1857. *Revue des Deux-Mondes* du 1er sept. 1864.

tôt comme s'il eût été fatigué, il se coucha sur le ventre dans une attitude très-naturelle. Quand on appela le chien, il répondait à l'appel; il se levait et venait, mais après des sommations réitérées et avec une sorte de lassitude. Peu de temps après le chien ne pouvait plus se lever malgré ses efforts; il avait conservé toute son intelligence et ne paraissait nullement souffrir; seulement ses jambes et particulièrement celles du train de derrière, n'obéissaient plus à sa volonté. Lorsqu'on parlait à l'animal, il répondait parfaitement bien par les mouvements de la tête, par l'expression des yeux et par l'agitation de la queue; mais un peu plus tard la tête tomba, l'animal ne pouvait plus la soutenir. Le chien était alors couché et respirait avec calme, comme un animal qui aurait reposé tranquillement; si on l'appelait, sa queue seule pouvait s'agiter, et ses yeux se tourner encore et sans aucune expression de souffrance pour montrer qu'il entendait. Enfin, les mouvements respiratoires cessèrent peu à peu et les yeux étaient devenus ternes et sans vie, que des mouvements légers de la queue venaient témoigner encore que le chien entendait celui qui lui parlait. »

Un autre chien, au contraire, d'un caractère féroce, toujours grondant, fut encore piqué par une flèche et il garda jusqu'à son dernier souffle sa rage et sa furie.

Ainsi, l'animal empoisonné par le curare conserve son intelligence, son caractère, mais il devient peu à peu immobile, il est paralysé, il ne peut plus se mouvoir; à quelle cause attribuer ce curieux résultat? — Pour la pénètrer il importe de se rappeler comment fonctionnent les divers systèmes de notre organisme. On sait que la volonté et la sensibilité résident dans le système nerveux qui met en mouvement le système musculaire; mais il faut se rappeler, en outre, que le système nerveux sensitif et le système nerveux moteur ont bien une vie indépendante l'un de l'autre, et qu'on peut tuer l'un sans faire périr l'autre; il faut savoir, enfin, que le système musculaire a une vie propre et peut continuer à fonctionner, encore que l'un des deux systèmes précédents soit détruit. — L'action toxique du curare a permis à M. Cl. Bernard de rendre très-manifeste l'existence en quelque sorte distincte de ces trois systèmes différents : système nerveux sensitif, système nerveux moteur, système musculaire. — On fait sur une grenouille[1]

[1] Cl. Bernard, *loc. citat.*, p. 345.

une ligature qui sépare nettement le corps en deux parties en conservant seulement une communication entre le train antérieur et le train postérieur au moyen des nerfs lombaires; on empoisonne la grenouille en introduisant sous la peau du dos une petite quantité de curare; celui-ci pénètre dans l'organisme, mais il ne peut exercer son action toxique sur l'arrière-train : car la ligature empêche le sang empoisonné de pénétrer dans les artères du ventre et des cuisses; les membres antérieurs dans lesquels le poison a circulé par les veines et les artères étant seuls atteints, on pince les bras de la grenouille et ceux-ci restent immobiles. Est-ce donc que la grenouille ne sent pas? — Non vraiment, car au moment même où on irrite les membres antérieurs qui restent immobiles, les membres postérieurs, au contraire, s'agitent fortement; ainsi, le système nerveux sensitif est conservé, la grenouille éprouve de vives douleurs, mais le système nerveux moteur est incapable de faire parvenir l'impression que lui transmet le système nerveux sensitif, au système musculaire dans toute la partie antérieure du corps. Il n'en est plus ainsi, cependant, dans la partie postérieure. Le système nerveux sensitif envoie son impression au système nerveux moteur des membres postérieurs par l'intermédiaire des nerfs lombaires conservés sur la grenouille et ces membres postérieurs s'agitent violemment; ainsi la grenouille éprouve une vive douleur à chaque pincement et elle fait effort pour échapper à ses tourments en se servant des organes qui obéissent encore à sa volonté, et ces organes sont ceux de l'arrière-train. — Cette remarquable expérience prouve donc nettement que le curare, disséquant pour ainsi dire le système nerveux, ne porte son action que sur les nerfs du mouvement.

Il reste cependant sur ces conclusions quelque doute : la grenouille sent encore, nous le voulons; mais de ce qu'elle est impuissante à mouvoir ses membres antérieurs, il n'est pas nécessaire que le système nerveux moteur ait été tué, il est possible que l'organe attaqué soit le système musculaire. M. Cl. Bernard démontre facilement qu'il n'en est pas ainsi; en excitant, au moyen d'un courant électrique, les nerfs lombaires d'une grenouille décapitée, on voit les pattes de derrière éprouver de violentes contractions; il en est de même pour les muscles des cuisses, qui se raniment sous l'influence du fluide électrique; ainsi, après la mort de la grenouille tuée par la suppression de la tête, il existe en-

core une certaine vitalité dans les tissus qui ne meurent que lentement; soumettons de même à l'action excitante du fluide électrique une grenouille tuée par le curare et nous reconnaîtrons que si le mouvement des membres postérieurs est encore rapide, si les contractions sont encore nombreuses quand le courant passe dans les muscles, il ne provoque au contraire aucun mouvement quand il est posé sur les nerfs; ceux-ci sont morts bien complétement, le curare les a tués et sont aussi impuissants à répondre à l'appel du fluide électrique qu'à la volonté même de l'animal. Ces faits établis vont singulièrement nous aider pour comprendre la cause de la mort par le curare; si les nerfs du mouvement sont paralysés, l'animal doit non-seulement être impuissant à se mouvoir, il doit aussi ne plus pouvoir respirer : les muscles extenseurs de la poitrine vont cesser de fonctionner et l'animal va périr par asphyxie, car l'oxygène, qui ne sera plus appelé par le mouvement de soufflet de la poitrine, ne viendra plus vivifier le sang; il y aura arrêt dans une des fonctions les plus importantes de l'organisme; il y aura dislocation de la machine vivante tout entière; de même un édifice s'écroule quand on enlève une de ses pierres fondamentales.

« En résumé, c'est donc le manque d'oxyène ou l'asphyxie qui amène la mort dans l'empoisonnement par le curare. S'il en est ainsi, c'est l'oxygène qu'il faut rendre pour rappeler à la vie et le contre-poison sera simplement la respiration artificielle, c'est-à dire un soufflet qui, remplaçant les mouvements respiratoires éteints, introduira, graduellement et avec les précautions convenables, de l'air pur dans les poumons....» « ...En 1815, Watterton et Brodie inoculèrent du curare à une ânesse qui mourut en dix minutes. On lui fit alors une incision à la trachée artère et on lui gonfla régulièrement les poumons pendant deux heures avec un soufflet. La vie suspendue revint : l'ânesse leva la tête et regarda autour d'elle ; mais l'introduction de l'air ayant été interrompue, elle retomba dans la mort apparente. On recommença aussitôt la respiration artificielle et on continua sans interruption pendant deux heures encore. Ce moyen sauva l'ânesse. » On pourrait utiliser ce procédé pour guérir une personne empoisonnée par le curare, mais il est un autre moyen encore plus facile; malgré ses propriétés actives, le curare ne tue pas à doses infiniment petites, et si on ne le laisse pénétrer dans l'organisme qu'en

très-faible quantité, il ne pourra pas sans doute amener la mort; qu'on fasse donc au-dessus de la partie blessée une forte ligature, on n'empêchera pas absolument le mouvement du sang dans les veines, mais on pourra le retarder considérablement; il s'échappe si peu de poison à la fois que la matière toxique introduite dans l'organisme est éliminée à mesure. M. Cl. Bernard a démontré le fait par l'expérience: des animaux piqués avec des flèches enduites de curare ont pu être sauvés en laissant des ligatures serrées sur les membres pendant vingt-quatre et quarante-huit heures. « Après ce temps, on peut délier le membre sans danger, parce que le poison et la mort ont pu s'enfuir d'une manière imperceptible. »

Le curare, nous l'avons vu, laisse intact le système nerveux sensitif, mais détruit le système nerveux moteur; la strychnine paraît produire un effet inverse : les nerfs sensitifs semblent être tués les premiers, et les nerfs moteurs conservent encore leurs fonctions qui se manifestent par de violents accès tétaniques; quand au sulfocyanure de potassium, qui agit sans doute parce qu'il donne, en se décomposant dans l'estomac, de l'acide cyanthidrique, il tue le système musculaire le premier et il arrête les mouvements du cœur. La nicotine enfin possède une action plus complexe : elle agit sur les nerfs, sur les muscles et surtout sur le système vasculaire. Quand on regarde au microscope la membrane intradigitaire d'une grenouille vivante, on voit la circulation se faire dans le réseau capillaire de cette membrane; mais si pendant cette observation on vient à empoisonner la grenouille avec de la nicotine, on voit se produire immédiatement une déplétion du système artériel, dont les vaisseaux se rétrécissent de façon à se vider complétement. Le cœur continue cependant à battre; il semble que seul le système capillaire ait subi l'action du poison.

Si donc ces matières toxiques sont redoutables, si elles donnent à une main criminelle une puissance terrible, elles sont cependant précieuses pour le physiologiste : il peut, en utilisant leur puissance, isoler les uns des autres les différents systèmes qui, fonctionnant simultanément, constituent notre organisme; de même qu'armé du scalpel, il peut encore pénétrer dans l'intérieur des tissus, isoler les veines, les artères, les nerfs, les glandes, etc., les étudier séparément et reconnaître leurs fonc-

tions et l'importance de leur rôle en les supprimant et en cherchant comment fonctionne la machine lorsqu'elle est privée de l'un de ses rouages. Un naturaliste prétend, par exemple, que le rein est le siége de la formation de l'urée, principe cristallin qu'on rencontre dans l'urine : le rein est supprimé, et le sang se trouve beaucoup plus chargé d'urée qu'avant cette suppression ; donc le rein n'est pas le siége de la formation de l'urée, mais seulement de son élimination. Le poison devient de même dans la main du naturaliste un instrument précieux, il tue un système et l'isole, et en voyant fonctionner encore l'organisme ainsi mutilé, il peut juger plus complétement des liaisons qui existent entre l'organe supprimé et ceux qui vivent encore.

III

Derniers progrès de la médecine légale. — Expertise de M. Stas dans l'affaire Bocarmé. — La dyalise. — Elle est parfois impuissante. — Méthode physiologique.

Le crime, il faut le reconnaître, est donc bien armé ; il trouve autour de lui des instruments de mort nombreux, variés, agissant lentement, ruinant la santé sans brusques secousses, ou bien foudroyant au contraire et ne laissant pas à la victime le temps e réclamer un dernier secours ; mais que celui qui sent germer dans son cœur un dessein funeste n'espère pas échapper à une juste punition. Les derniers progrès de la chimie donnent à ses procédés une certitude qu'ils n'avaient pas jusqu'ici, et permettent d'arriver à coup sûr à la découverte de la vérité, de protéger l'innocent et de punir le coupable. Les travaux à l'aide desquels ces progrès ont été accomplis sont méritants ; il est important, en effet, d'avoir entre les mains des preuves positives de la présence de la substance toxique dans les matières alimentaires suspectes, ou dans les débris du cadavre d'une personne empoisonnée ; il est indispensable de se baser sur des preuves palpables, il faut arriver, toutes les fois que cela sera possible, à isoler le poison lui-même, à le caractériser avec toutes ses réactions ; et si on est impuissant à obtenir la matière vénéneuse elle-même parfaitement pure, il faut au moins retrouver dans les matières extraites les propriétés toxiques de la substance qu'on suppose avoir été ingérée par la victime. Si l'expert doit parfois, en effet, fournir des armes à la justice, il

faut aussi qu'il puisse aider la défense à accomplir sa sainte mission ; il faut qu'il sache résister aux entraînements populaires, et que, sûr des méthodes que la science lui met entre les mains, il ne puisse avoir l'esprit troublé par les clameurs du public abusé.

Combien de fois a-t-on accusé à tort le poison d'avoir occasionné des morts dues à des causes naturelles ! Combien a-t-on vu de personnes, dans les saisons chaudes, périr subitement pour avoir pris des boissons trop fraîches ! A New-York, ces catastrophes arrivent très-souvent ; les chaleurs y sont très-vives en été ; les froids rigoureux de l'hiver, qui gèlent les masses d'eau considérables des grands lacs du Nord, fournissent la glace à très-bas prix ; l'usage des boissons glacées y est commun et entraîne des accidents qu'on serait bien mal venu d'attribuer à des empoisonnements. L'habitude de prendre ces boissons fraîches est tellement invétérée, qu'on cite l'exemple d'une personne qui, venant d'enterrer un de ses amis mort subitement pour s'être ainsi brusquement refroidi en buvant un sirop à la glace, mourut par suite de la même imprudence, sans que l'exemple terrible qu'elle avait eu sous les yeux eût pu la mettre en garde contre cette funeste habitude. En France, les mêmes causes amènent les mêmes effets, et, dans les étés très-chauds, il n'est pas rare de voir des personnes fort incommodées par le seul usage des glaces ; on se rappelle encore que, sous la Restauration, on fut obligé, pour céder à la pression de l'opinion publique, d'ordonner une enquête sur la salubrité des préparations glacées du café de la Rotonde, au Palais-Royal, à Paris. Il y avait eu des accidents si nombreux, par suite de la consommation des glaces, qu'on crut à un empoisonnement ; l'enquête montra que tous les vases étaient en bon état, et que les préparations n'avaient d'autre défaut que leur basse température. Un pareil effet se serait produit deux ou trois siècles plus tôt, à une époque d'ignorance où les moyens d'investigation auraient fait défaut, qu'à coup sûr l'infortuné limonadier aurait payé des tortures et même de la vie l'imprudence des consommateurs. Il est très-possible qu'on doive chercher dans des causes analogues la solution de quelques-uns des problèmes historiques qui ont le plus soulevé de commentaires, et entre autres l'explication de la mort de Madame (Henriette d'Angleterre, duchesse d'Orléans), que Bossuet a pleurée en termes si magnifiques. On accusa plusieurs personnes de sa mort, et il est pos-

sible qu'elle ait été empoisonnée ; cependant, il faut remarquer qu'elle est morte très-rapidement ; qu'on ne paraissait pas connaître à ce moment de poisons aussi actifs que ceux qu'il eût fallu employer pour la faire périr aussi subitement ; il faut remarquer enfin qu'elle prit un verre de chicorée à la glace, et qu'on connaît de très-nombreux exemples de mort subite due à l'ingestion de boissons froides parfaitement innocentes. En 1536, le dauphin François, fils de François Ier, but imprudemment un verre d'eau, au moment où il sortait d'un jeu de paume et où il avait le corps en sueur. Immédiatement, il éprouva des accidents graves, et, le quatrième jour, il mourut d'une pleurésie aiguë. On crut à un empoisonnement et les soupçons tombèrent sur l'échanson qui avait préparé le verre d'eau, Sébastien Montecuculli, gentilhomme italien. Le malheureux fut mis à la torture et tiré à quatre chevaux. L'horreur de ses souffrances lui fit confesser un crime qu'il n'avait pas commis. Il se donna pour complices Antoine de Leva et Ferdinand de Gonzague, général de Charles Quint [1]. L'histoire n'a pas toujours appliqué à ces accusations d'empoisonnement la critique sérieuse qu'elles exigent ; on admet encore généralement que Jeanne d'Albret, mère de Henri IV, fut empoisonnée par René le Florentin avec des gants parfumés..... Que cette princesse ait été empoisonnée, cela est possible, nous n'avons pas autorité pour le nier ; mais qu'elle ait été empoisonnée avec des gants, cela est moins probable, car la peau des mains est couverte d'un épiderme très-serré sur lequel les poisons n'ont aucune action, et les chimistes manient constamment des substances toxiques sans en éprouver le moindre malaise. On peut sans doute faire pénétrer certains remèdes et même certains poisons à l'aide de frictions sur la peau, mais on a bien soin d'opérer sur les parties du corps où l'épiderme plus mince permet une absorption plus rapide.

L'expert chargé de se prononcer sur la cause d'une mort subite, doit donc être non-seulement chimiste, mais encore médecin, car l'autopsie doit précéder les recherches toxicologiques, et peut les rendre inutiles. La rupture des vaisseaux, l'apoplexie foudroyante, sont des causes de mort subite assez fréquentes et qui donnent

[1] Voir Flandin, *Traité des Poisons*, et Guérard, *sur les dangers des boissons froides*. (*Annales d'hygiène et de médecine légale*, t. III.)

lieu parfois à des accusations d'empoisonnement mal fondées.

Les matières toxiques d'origine organique sont en général assez stables pour persister pendant quelque temps dans l'économie à leur état primitif; il est fort heureux qu'il en soit ainsi, car l'on conçoit que si ces matières se brûlaient dans le torrent de la circulation après avoir apporté le trouble dans la santé, elles échapperaient complétement aux recherches. On sait, par exemple, que l'amidon, que le sucre ingéré ne se retrouvent bientôt plus à leur état primitif dans l'économie, mais sont brûlés peu à peu et se dissipent sous forme d'eau et d'acide carbonique ; les poisons végétaux persistent au contraire en quantité plus ou moins notable, et peuvent dès lors être caractérisés. Une des expertises les plus remarquables qui aient été faites sur les empoisonnements par des toxiques végétaux, est due à M. Stas, qui eut à découvrir de quelle matière s'était servi Bocarmé pour empoisonner son beau-frère. Les traces que la matière toxique avait laissées sur les organes étaient tellement profondes, les tissus avaient été si violemment corrodés, que la justice pensait que la victime avait succombé à l'action de l'acide sulfurique; dès ses premières recherches, M. Stas reconnut facilement que cette supposition était inexacte, et il s'efforça d'imaginer une méthode propre à décéler la matière toxique. Quelques instants après la mort de son beau-frère, Bocarmé avait introduit dans la bouche de celui qu'il venait de faire périr une assez forte quantité de vinaigre, probablement pour faire croire que la victime avait succombé à l'intoxication due à un mets trop vinaigré ; les restes qu'on remit à M. Stas étaient donc imprégnés d'une assez forte quantité d'acide acétique.

On comprend que, dans une recherche comme celle que devait tenter le chimiste belge, il ne pouvait être question de se débarrasser des matières organiques au milieu desquelles le poison devait être mêlé, en les détruisant au moyen de la chaleur ou des acides énergiques, car le poison aurait disparu du même coup ; il fallait employer des méthodes délicates, incapables de détruire le corps du délit. M. Stas avait placé dans l'esprit-de-vin les organes sur lesquels il devait opérer, et avait distillé une partie de l'alcool dans lequel ces matières avaient séjourné, quand, en ajoutant de la potasse au résidu, il remarqua que le liquide se colorait fortement en noir et qu'il se manifestait une odeur forte, animalisée, singulière.

Frappé de ces circonstances, le chimiste belge s'efforça, dès lors, d'isoler cette matière qui pouvait bien être une base organique et il essaya de traiter par un autre dissolvant le mélange renfermant la potasse et la matière odorante ; il employa l'éther qui vint bientôt surnager au-dessus du liquide aqueux renfermant la potasse ; en laissant cet éther se volatiliser à l'air, M. Stas vit se former, dans le verre de montre où il l'avait placé, un anneau sirupeux d'une matière très-alcaline, très-amère, prenant à la gorge et ayant une saveur analogue à celle que présente le liquide qui se dépose dans une pipe où l'on a pendant longtemps fumé du tabac.

La voie dans laquelle devait s'engager M. Stas était dès lors nettement tracée ; la méthode est indiquée ; il faut extraire par l'alcool l'acétate de la base organique qui existe dans les organes qui lui sont soumis, et que peuvent renfermer aussi les ràclures du parquet de la salle dans laquelle le crime a été commis, délivrer de sa combinaison avec l'acide acétique, avec le vinaigre, que Bocarmé avait fait prendre à Fougnies, la base vénéneuse au moyen de la potasse ; enfin, traiter par l'éther le liquide renfermant l'alcaloïde. De tous les organes fut extraite, par cette méthode, cette même matière huileuse, âcre, d'une odeur forte et nauséabonde. M. Stas, toutefois, n'est pas encore satisfait, il combine cette matière avec un acide, arrive à obtenir une combinaison cristallisée qui, traitée de nouveau par la potasse et l'éther, abandonne enfin un liquide qui présente tous les caractères distinctifs de la *nicotine*. La chimie, dès 1850, est donc armée assez complétement pour qu'une substance mal connue jusqu'alors, qui n'avait été préparée pure que depuis peu de temps, soit cependant retrouvée sans hésitation ; Bocarmé a eu beau s'évertuer pour rechercher dans l'arsenal des poisons celui qui lui paraissait le moins connu, il n'en a pas moins été convaincu de son crime, et, parmi les pièces de conviction qui doivent l'accabler, l'expert peut lui montrer la matière même qu'il a préparée avec tant de peine pour consommer son forfait.

Il est probable que les experts ne seront pas appelés de nouveau à rechercher la nicotine dans les cas d'empoisonnement; son odeur est tellement violente, sa saveur tellement caustique, que jamais elle ne pourra être dissimulée, et que la personne qu'on veut forcer de prendre cette dangereuse matière, mise sur ses gardes par

son odeur épouvantable, ne cédera qu'à la violence qui répugne toujours à l'empoisonneur. C'est traîtreusement qu'il agit, dans le silence; il se dissimule, il n'attaque pas franchement comme un scélérat hardi, et il s'entoure des dehors de l'amitié; il veut administrer un remède, une tisane, il simule la bonté, l'amour même, pour accomplir plus facilement son lâche forfait, qui, heureusement, nous le répétons, ne restera pas impuni, car, depuis l'expertise remarquable de M. Stas, que nous venons de décrire rapidement, un autre moyen de recherche a été préconisé et soumis dans ces derniers temps à plusieurs épreuves décisives qui témoignent qu'on en peut attendre de véritables services.

Il y a quelques années déjà, un chimiste anglais, justement célèbre, M. Th. Graham, a repris les curieuses recherches d'endosmose et d'exosmose qui avaient été commencées par Dutrochet. On sait que si, à l'exemple de cet habile physiologiste, on immerge dans l'eau un tube assez large terminé par une membrane d'origine animale, ou même un vase poreux quelconque, renfermant une dissolution mucilagineuse, une gomme, par exemple : on verra bientôt l'eau, fortement attirée dans l'intérieur du vase, s'élever beaucoup au-dessus de son niveau dans le vase extérieur. Ainsi, dans cette expérience, il y a transport de l'eau dans le vase intérieur, il existe une certaine force qui tend ainsi à entraîner l'eau vers la matière sirupeuse contenue dans le vase poreux; toutefois ce mouvement n'est pas le seul qui s'exécute dans cette expérience, et on remarque presque toujours un mouvement de la matière dissoute placée dans l'intérieur du vase, vers l'eau extérieure; s'il y a endosmose, suivant l'expression de Dutrochet, mouvement vers l'intérieur, il y a toujours aussi exosmose, c'est-à-dire mouvement du liquide intérieur vers l'eau environnante. En variant les conditions de l'expérience, M. Th. Graham remarqua que ce mouvement d'exosmose est particulièrement sensible pour les matières susceptibles de prendre des formes régulières, quand on évapore leur dissolution, de cristalliser, comme le font le sucre ou les sels minéraux; si donc on place dans un vase poreux, ou encore dans une cloche terminée par une membrane animale ou par du papier préalablement traité par de l'acide sulfurique étendu, un mélange d'une matière susceptible de cristalliser, et d'une matière qui, au contraire, ne cristallise pas; si on mélange, par exemple, dans un vase poreux du sucre et de la gomme, on ne tarde pas à voir de

l'eau pénétrer au travers de la membrane et venir étendre la gomme, tandis que le sucre, bientôt dissous, passe au travers de la membrane et se répand au dehors ; il y a ainsi séparation entre la matière susceptible de cristalliser, entre le *cristalloïde*, comme dit M. Th. Graham, et le *colloïde* ou la matière ayant des propriétés analogues à la gélatine. On comprend dès lors que le chimiste anglais, frappé de ces résultats, ait songé à utiliser cette tendance à la diffusion que présentent les corps cristalloïdes, pour séparer une matière vénéneuse appartenant à la classe des cristalloïdes, des matières animales, toujours rangées parmi les colloïdes, avec lesquelles la substance toxique est mélangée. Ce procédé a été mis à l'épreuve en France depuis plusieurs années, et les élèves de l'École de Pharmacie ont été exercés à l'emploi de cette nouvelle méthode, à la séparation par la *dialyse* des cristalloïdes et des colloïdes.

L'attention des chimistes a été vivement ramenée vers ce procédé à propos d'un procès récent. On a obtenu des résultats très-variables : tandis que M. L. Grandeau et M. J. Lefort paraissent l'avoir utilisé avec un bonheur inespéré et avoir retrouvé quelquefois dans le liquide externe toute la digitaline placée dans l'intérieur des dialyseurs, et mélangée avec les matières colloïdes, d'autres expérimentateurs, au contraire, ne paraissent pas avoir réussi aussi complétement. Les experts du procès La Pommeraye n'ont pas recueilli non plus de ce procédé tous les fruits qu'ils espéraient. Il faut bien remarquer, en effet, que, s'il existe une force qui tend à séparer les matières cristalloïdes, des substances colloïdes avec lesquelles elles sont mélangées, certaines forces peuvent s'opposer à ce départ. Si la matière cristalloïde se combine, par exemple, avec la matière colloïde, il est certain que la dialyse n'aura pas lieu, qu'il ne se fera pas de séparation entre les deux principes ; c'est ce que M. Bouis a parfaitement vérifié en mettant en contact dans un dialyseur une matière essentiellement colloïde, comme l'albumine, le blanc d'œuf et une matière cristalloïde, comme le sublimé corrosif. Dans ce cas, il n'y a pas dialyse, car le cristalloïde et le colloïde ont formé une combinaison que la force osmatique est impuissante à détruire. Si donc, dans certaines circonstances, le nouveau procédé de M. Graham peut être très-heureusement employé, il ne faut pas cependant s'exagérer ses avantages; très-souvent aussi il ne donnera pas une séparation aussi nette

qu'on pouvait l'espérer, et il ne faudrait pas lui attribuer une efficacité qu'il ne possède pas complétement.

Si, dans certains cas, la méthode de M. Graham ne donne aucun résultat convenable, si le procédé de M. Stas, encore qu'il soit d'un emploi très-général, et qu'il permette souvent d'isoler le poison en nature, ne réussit pas mieux, la science est-elle donc impuissante et ne peut-elle éclairer la justice? Le prévenu a-t-il, dans ces circonstances, plus de chances d'échapper à la condamnation qui plane sur lui? Non. Il est encore des essais à tenter, moins satisfaisants certainement que les précédents, qui permettent de placer sous les yeux du jury la substance toxique elle-même, mais qui ont cependant une valeur probante considérable. Presque tous les poisons végétaux persistent dans l'économie à leur état primitif au moins pendant un certain temps; ils viennent parfois se concentrer dans certains organes; d'autres fois ils déterminent des vomissements, et dès lors on doit les retrouver dans les matières vomies. La digitaline notamment exerce cette action avec une grande énergie; aussi une personne empoisonnée par la digitaline rejette-t-elle cette matière avec les aliments qui remplissent son estomac, et s'il n'est pas possible d'isoler la digitaline elle-même des matières vomies, on pourra cependant, en traitant le mélange complexe par l'esprit de-vin, en faire un extrait qui, renfermant une certaine quantité de digitaline, présentera sans doute quelques-unes de ses propriétés, et notamment ses énergiques facultés toxiques. Peut-être donc, en essayant l'action qu'exerce sur des animaux cet extrait, en suivant attentivement les symptômes manifestés, pourra-t-on caractériser, par les réactions qu'elle exerce sur l'économie animale la matière toxique, comme le chimiste l'aurait reconnue par quelques-unes des colorations ou des précipités qu'elle donne au contact de divers réactifs.

Lorsque les experts nommés au moment de l'instruction contre La Pommeraye pénétrèrent dans son arrière-cabinet, ils furent frappés d'y rencontrer une collection très-complète des poisons les plus énergiques : toutes les matières toxiques minérales ou végétales y existaient en abondance; un flacon, renfermant de la digitaline en quantité relativement énorme, plusieurs grammes, était presque vide. Aussi, l'attention de MM. Tardieu et Roussin[1] se

[1] Voyez leur rapport dans les Annales d'hygiène et de médecine légale, juillet 1861.

porta-t-elle d'abord sur cette matière, qu'emploient, il est vrai, les pharmaciens homœopathes, mais qu'ils emploient en très-faible quantité, tellement que la quantité achetée en une année par La Pommeraye chez le fabricant de produits chimiques M. Ménier aurait suffi, non-seulement à la consommation d'un médecin homœopathe très-occupé, mais encore à la dépense d'une pharmacie achalandée. L'attention des experts attirée sur cette digitaline, il fallut essayer de l'extraire des organes, et surtout des matières vomies, qui avaient laissé des taches visibles sur le parquet de l'atelier qu'habitait l'infortunée madame de Pauw. L'estomac, comme les râclures du parquet, fut traité par l'alcool. La dissolution alcoolique évaporée présentait un goût amer ; elle donnait, avec l'acide chlorhydrique, une coloration verte, caractère qui est le plus net que présente la digitaline. Les efforts que firent les experts pour isoler de cet extrait la digitaline furent impuissants. Ils n'étaient pas là, en effet, devant une de ces matières à réactions nettes et précises qu'il est aisé de reconnaître : ils avaient à démontrer la présence d'une substance encore mal connue, mal étudiée, aux caractères peu précis. Il faut alors déplacer l'étude ; cette matière aux caractères vagues et peu définis, elle tue cependant, elle exerce sur l'économie une action rapide et funeste. Suivons donc cette action, étudions-la avec soin et voyons si, dans le spectacle cruel, mais nécessaire, de l'agonie des animaux, nous ne retrouverons pas quelques-uns des symptômes qui ont accompagné la mort de la victime dont les mânes crient vengeance.

MM. Tardieu et Roussin essayèrent sur des animaux, notamment sur des chiens, l'action de l'extrait alcoolique de l'estomac et du plancher ; un chien vigoureux et de bonne santé reçut cinq grammes d'extrait de râclures du plancher ; la matière fut introduite sous la peau. Pendant les premiers instants, l'animal ne parut nullement souffrir. Bientôt cependant une certaine inquiétude se manifeste, les mouvements du cœur se ralentissent, les vomissements sont fréquents, l'intelligence reste lucide. Huit heures après l'introduction de l'extrait du parquet, l'animal succombe. Les vomissements et surtout l'affaissement des mouvements du cœur sont deux des symptômes qui avaient le plus frappé le médecin, qui avait été témoin des derniers moments de madame de Pauw. Un lapin fut encore tué avec l'extrait des râclures du plan-

cher. Un chien qui avait reçu un extrait des râclures du plancher non atteint par les vomissement, n'éprouva aucun malaise; cette expérience était importante, car l'atelier de madame de Pauw ayant été occupé quelque temps auparavant par un photographe, on pouvait craindre que le plancher ne fût imprégné de quelques matières vénéneuses; il faut se rappeler cependant que la seule matière réellement toxique qu'emploient les photographes sont les cyanures, qui, exposés à l'air en dissolution pendant quelque temps, se décomposent rapidement en donnant naissance à du carbonate de potasse, qui n'est que faiblement vénéneux. La nullité d'action de l'extrait du plancher non atteint par les vomissements vint au reste démontrer que l'extrait qui avait fait périr le chien et le lapin, soumis aux premières expériences, devait bien ses propriétés vénéneuses aux matières vomies qui s'étaient infiltrées dans le bois du parquet. Un autre essai fut tenté avec les portions de l'estomac et des intestins que les docteurs avaient recueillie dans le cadavre de madame de Pauw, et ces viscères restés dans un état de conservation des plus remarquables furent traités par l'alcool; l'extrait obtenu par l'évaporation au bain-marie fut administré à un chien. La quantité était faible, 2 grammes seulement; aussi l'animal éprouva-t-il tous les symptômes de l'empoisonnement par la digitaline, mais cependant ne périt p s. La guérison du chien qui avait reçu l'extrait de l'estomac, la mort de celui qui au contraire avait été empoisonné par les raclûres du parquet, démontrent nettement qu'on ne pouvait attribuer les effets toxiques observés qu'à un poison, et nullement, comme on aurait peut-être pu le croire, à des matières putrides extraites des organes déjà en voie de décomposition.

On sait comment se termina ce drame épouvantable : le prévenu ne méritait aucune pitié, il succomba devant les charges accablantes accumulées sur lui par l'expertise : car malgré son habileté, malgré le choix qu'il avait fait d'une matière peu connue et difficile à caractériser, La Pommeraye n'aurait pas dû croire, si un amour effréné de la richesse ne l'eût aveuglé, que cette matière toxique échapperait aux recherches de la chimie et de la physiologie. La méthode de recherche, dite physiologique, préconisée par MM. Tardieu et Roussin, déjà employée dans la science, y a aujourd'hui droit de cité; si elle est moins satisfaisante que celle qui permet d'isoler le poison lui-même, elle entraîne ce-

pendant aussi la conviction, elle ne permet pas de douter de l'empoisonnement, puisque les entrailles de la victime recèlent encore une matière capable de déterminer la mort. Elle n'arrivera toutefois, il faut le reconnaître, à présenter une certitude absolue qu'autant que les actions qu'exercent les poisons sur l'organisme seront parfaitement connues, et que les physiologistes, s'engageant à la suite de M. Cl. Bernard dans l'étude des matières médicamenteuses et toxiques, seront capables de caractériser ces matières par leur effet sur les animaux comme les chimistes les caractérisent par leurs effets sur des matières inertes. Les travaux de M. Cl. Bernard ont donc non-seulement un intérêt scientifique que nous espérons avoir fait sentir, ils ont encore l'avantage d'armer les experts d'une méthode qui, étudiée avec le soin qu'elle mérite, montrera que la science reste à la hauteur de sa mission, et que, si grandes que soient les difficultés qu'elle ait à résoudre, elle sait en triompher.

P. P. Dehérain

GÉOGRAPHIE

LE NIL ET SES SOURCES

Arcanum natura caput non prodidit ulli,
Nec licuit populis parvum te, Nile, videre.

LUCANUS.

From Gondokoro.

To the Foreign-Office.

Inform sir Roderich Murchison that all is well, that we are in latitude 14°30' upon the Nile, and that *the Nile is settled.*

SPEKE.

I

LE NIL. — Un bulletin d'Amrou : les triomphes du Nil. — Albuquerque le Grand et le grand Alexandre. — Le berceau du Nil.

Amrou, sur la brèche même d'Alexandrie qu'il a emportée d'assaut, le coran d'une main et le cimeterre de l'autre, envoie au khalife Omar un bulletin de victoire où l'on retrouve le poëte guerrier que Mahomet avait aimé.

« O prince des fidèles, un aride désert et une campagne magnifique entre deux remparts de montagnes, voilà l'Égypte. Son opulence lui vient d'un fleuve béni qui se répand avec majesté sur les terres. L'époque de la crue et l'époque de la retraite de ses eaux sont réglées comme le cours du soleil et le cours de la lune. Il y a une heure dans l'année où toutes les sources de l'univers viennent payer à ce roi des fleuves le tribut auquel la Providence les a soumis envers lui. Alors les eaux du Nil accrues

montent, dépassent leurs rives, baignent d'un humide limon l'Égypte. D'un village à l'autre [1] les habitants mènent joyeusement de frêles barques aussi nombreuses que les feuilles de palmier dont le vent se joue. Lorsque le sol a été préparé pour la fertilité sacrée, le fleuve rentre docilement dans les bornes où la main de Dieu enferme ses ondes, pour laisser l'Égypte recueillir le trésor qu'il a confié à son sein fécondé. Alors un peuple, fils du ciel, et qui, comme l'abeille, dédaignant de réserver ses biens pour lui-même, récolte pour les autres peuples, ouvre d'une main légère les entrailles de la terre, y dépose la semence qu'il remet en garde à celui qui fait croître et mûrir. Le germe se développe, perce l'arène engraissée ; l'épi grossit, gonflé par une rosée aussi bienfaisante que la pluie, qui renouvelle l'humidité nourrissante dont le terrain est pénétré. Et l'Égypte déroule tour à tour, comme un voile étincelant de mille couleurs, le poudreux désert, qu'efface soudain la nappe argentée des eaux, bientôt remplacée par le noir limon du marais, vite tapissé de prés verts, d'où jaillit un parterre éblouissant de fleurs, qui se transforme en moissons dorées ondulant au soleil sous un ciel transparent. Béni soit celui qui se donne le spectacle de ces merveilles ! Salut [2] ! »

L'Égypte, c'est donc le Nil. Les Grecs ne s'étaient point trompés en l'appelant la *Terre du fleuve* (Potamie). Aristote dit : l'*Œuvre du fleuve* ; Hérodote : le *présent du fleuve*. Sans cesse constituée et prolongée dans la mer salée [3], par l'alluvion et par un atterrissement plus actif encore que celui du delta du Gange, du Yang-tse-kiang, du Mississipi, sans cesse disputée aux sables infertiles, que soulève l'*Empoisonné* (le Simoun), par la bienfaisante inondation, l'Égypte put, dans sa reconnaissance, prendre le nom antique du Nil, *Aegyptos*, couvrir en son honneur de

[1] « Ce pays fleurit par la fecondité du fleuve et la magnificence du sol ; *vingt mille* cités ou bourgs y prospèrent. » (Hérodote.) « Les villages s'y touchent et le long des rives du fleuve, sur les branches des canaux, on ne voit que villes et peuples. » (Edrisi.)

[2] Cf. *Girard*, sur l'agriculture de l'Égypte. Descript. de l'Égypte, t. VI. — Le Nil se gonfle vers les derniers jours de juin, atteint sa plus grande hauteur à la fin de septembre, est rentré dans son lit au mois de décembre. Les semailles commencent dès la première moitié d'octobre : la récolte se fait en mars. La pluie est un phénomène fort rare (de novembre 1798 à août 1799, Marmont vit pleuvoir une demi-heure), et un ciel embrasé tarit les puits.

[3] L'Égypte antique et l'Égypte moderne appellent le Nil *la mer*, et la Méditerranée, *la mer salée*.

temples et de prêtres les rives d'un fleuve qui était pour elles Dieu même.

En effet, supprimez un instant par la pensée le Nil, vous prolongez le Sahara. Détournez le cours supérieur du Nil dans la mer Rouge (un empereur abyssin [1] y pensa au treizième siècle, Albuquerque au seizième), vous rayez l'Égypte. Où Dieu a mis un jardin, un grenier, Albuquerque eût mis des sables, un désert. On nomme Albuquerque le Grand, comme Alexandre. J'aime mieux Alexandre. Il bâtit Alexandrie, une autre Tyr, une Carthage intelligente et humaine et qui a duré. Le commerce y vécut fraternellement avec la philosophie comme à Paris, et avec l'art comme à Venise ; car Alexandrie eut, de plus que Londres, le charme. En donnant au génie grec ce centre et ce foyer, Alexandre lui donna le monde méditerranéen.

La civilisation, qui, dans le cours de soixante siècles, a descendu le Nil de la séculaire Méroë à l'antique Thèbes, de Thèbes à la jeune Memphis et qui à Alexandrie a allumé un phare pour l'empire romain et pour le moyen âge, va, au dix-neuvième siècle, par une péripétie inattendue et émouvante, remonter au berceau même du vieux fleuve, berceau inconnu jusqu'ici des hommes, et qu'un seul Européen a vu encore, l'Anglais Speke.

Cette barrière qui semblait fermer l'accès d'une immense région et que nul, depuis quatre mille ans, n'avait pu forcer, Speke l'a tournée. Il a passé, et avec lui la civilisation.

II

Ce que l'antiquité sut du Nil. — *Nili quærere caput.* — Le reïs Ibrahim et César. — Les centurions de Néron. — Une vérité qui attend son jour dix-sept cents ans. — Othello. — Les hommes à queue. — Les Anthropophages. — Aux découvreurs égoïstes.

L'antique Égypte représentait le Nil sous la forme d'un colosse

[1] C'était au quinzième siècle une croyance populaire en Europe que le monarque d'Abyssinie faisait à l'Égypte la grâce de laisser couler le Nil jusqu'à la mer, et que l'Égyptien, vassal de son fleuve, lui payait le tribut fixé comme rançon de la vie d'un peuple.

Perche è un poter di lui dal camin dritto
Levare il Nilo e dargli altro ricetto;
E per questo lasciar subito afflitto
Di fame il Cairo e tutto quel distritto.

Ariosto. *Orlando*, XXIII.

en marbre noir, dérobant[1] son front majestueux sous une couronne entrelacée des roseaux du fleuve et des gras épis de la vallée, appuyant ses pieds sur l'hippopotame ou le crocodile engorgés dans le limon, et reposant son bras royal sur le sphinx, emblème du mystère. On aurait pu écrire sur le piédestal l'énigmatique inscription des temples d'Isis : « Aucun mortel jamais n'a soulevé le voile qui me couvre. »

En dépit des solennelles inscriptions des temples égyptiens, l'antiquité ne connut jamais le cours supérieur du Nil. « De tous ceux que j'ai entretenus, dit Hérodote, nul ne se flattait de connaître les sources du Nil, si ce n'est le hiérogrammate (interprète des hiéroglyphes) de Saïs, qui ne connaissait que les cataractes de Syène et un gouffre d'où une moitié du fleuve coule vers l'Égypte et l'autre vers l'Éthiopie. Hérodote qui en rit, car il sait qu'on remonte quatre mois le Nil au-dessus de Syène, ajoute : « Je n'ai trouvé personne qui ait pu m'en apprendre davantage. »

Le bibliothécaire d'Alexandrie, Ératosthène, avait cherché hardiment la cause des débordements du Nil dans les pluies périodiques qui inondent les hauts plateaux d'où il descend. Jusqu'où Ératosthène remontait-il le cours du fleuve? Jusqu'à l'Astaboras (le Tacázzé, prolongement de l'Atbarah) ; plus haut encore, le long de l'Astapus (le Nil lui-même de l'Atbarah au Bahr-el-Azrek[2]) ; plus haut encore, jusqu'à l'Asta-Soba (le Bahr-el-Azrek).

Un contemporain d'Ératosthène achève la description. C'est un poëte, Théocrite : « Là[3], le Nil s'enfonce sous les rochers et cesse d'être visible. »

« On ne sait, reprend de son côté le géographe romain, Mela, si au-delà la mer s'étend, si le contour de l'Afrique s'arrondit, si l'Afrique se prolonge sans fin. »

D'où vient le Nil? — Du lointain Orient? De l'extrémité occidentale de l'Éthiopie? Des sommets de l'Atlas? Des mystérieuses profondeurs du Midi? La science se taisait ; la poésie chantait : le Nil jaillissait des sables du désert ; la terre le portait et le nourrissait dans son sein ; il coulait souterrainement sous le lit

[1] C'est Bernin qui voila entièrement la tête du Nil ; traduction ingénieuse du dicton antique : *Quærere caput Nili.* Nous disons : Chercher la quadrature du cercle.

[2] Et non le Nil Bleu, comme le pensait Malte-Brun.

[3] Aux cataractes de Ouadi-Halfa, selon Vivien de Saint-Martin.

tumultueux de l'Océan. Le vulgaire se résignait à ignorer comme ce reïs Ibrahim, auquel un touriste, Maxime Ducamp, dit : « D'où descend l'eau du Nil ? — Du paradis où elle a servi aux ablutions des anges [1]. »

Les esprits inquiets de vérité ne se résignaient pas : « Que ne puis-je, dit César dans la *Pharsale*, connaître l'origine de ce fleuve qui soustrait sa tête à nos regards depuis tant de siècles ; il n'est rien que je mettrais à si haut prix. Dites-moi que je trouverai le Nil naissant, que je le verrai face à face, et je laisserai là le monde se débattre dans la guerre civile et chercher un maître ? »

Est-ce en écoutant, dans une de ces lectures publiques ou conférences où se réfugiait la liberté sous les empereurs, les vers de son rival en poésie, Lucain, que Néron, ce fiévreux original, cet artiste, comme il se nommait lui-même, envoyait au Nil deux hardis centurions ? Ils remontèrent, non le Nil vulgaire, l'Asta-Soba (le fleuve Bleu), mais l'Astapus (le Nil prolongé et le Nil Blanc, El-Abyad) ; ils firent plus de six cents milles au-dessus de Meroë. Les obstacles accumulés par la nature triomphèrent de leur courage. « Nous arrivâmes, racontaient-ils à Sénèque, à des marais (le lac Nô, ou Bar-el-Ghazal, l'eau des gazelles) dont les habitants ne connaissaient point et désespéraient de connaître jamais les bornes. Ce sont des herbes entrelacées, emmêlées avec les flots, qui forment un réseau bourbeux qu'on ne peut traverser, ni à pied, ni même dans un bateau, si petit qu'il soit, ne contînt-il qu'une personne. »

Le grand géographe Ptolémée, quatre-vingts ans plus tard, savait quelque chose de plus : il n'ignorait pas que le El-Azrek (l'Abaï des Abyssins) sort d'un lac (Tzana ou Dembea, dans l'Abyssinie méridionale) ; l'habile Ératosthène l'avait soupçonné. Ptolémée fit mieux encore. Et cela donne à penser de le voir, inspiré du dieu, prophétiser et jeter dans le monde une semence de vérité qui, pour lever, attendra dix-sept cents ans Speke.

Un certain Diogène, à son retour de l'Inde, avait été poussé, par les vents du nord, du promontoire des Aromates au long de la côte d'Azanie (Ajan, Zanguebar). Il arriva au fond du golfe de Zanzibar au promontoire Rhaptum, et non loin, lui dirent les indigènes, des

[1] Les eaux du ciel, en pluies ou en vapeurs, alimentent les hauts réservoirs du Nil. Reïs fait de la science sans le savoir.

lacs « où, pour la première fois, le fleuve se manifeste et devient visible. » Diogène transmit ces renseignements à un géographe de Tyr, Marin, qui écrivait cinquante ans après la tentative des centurions de Néron. Trente ans plus tard, Ptolémée recueillit dans les écrits de Marin le récit de Diogène. Il y a là, affirma-t-il, des *Monts de la Lune*, couronnés de neige[1], et d'où descendent les eaux dans deux lacs appelés *Lacs du Nil*.

En 1839, nul Européen n'avait revu encore les marais qui avaient arrêté les centurions de Néron. Là était le seuil du monde fabuleux. Écoutez, dans Shakspeare, alors que l'Amérique est découverte depuis un siècle, le Maure Othello parler à Desdémone de ces contrées maudites : « La tête de ces montagnes touche les cieux ; des cannibales errent dans ces pays, se dévorant les uns les autres; ils portent la tête dans leurs épaules. » C'est en ces termes que, quinze siècles auparavant, Mela et Pline nous les décrivaient : « Ils ont figure de bêtes plutôt que d'hommes ; leur tête est dans leur poitrine, etc. » — Ne plaçions-nous pas hier dans cette terre d'illusions les Niam-Niam[2], les prétendus hommes à queue ?

La rumeur de l'Afrique occidentale accuse la plupart de ces peuples étranges d'anthropophagie. Un des explorateurs des sources du Nil, Werne, raconte que, lorsque les bateaux de l'expédition qui l'emmenait commençaient à tourner et naviguaient avec lenteur en entrant dans le fleuve Blanc, les équipages se troublèrent en entendant les cris perçants et les hurlements sinistres des femmes qui faisaient d'éternels adieux à leurs maris. Elles agitaient leurs voiles comme aux funérailles ; elles tendaient les bras vers ceux qu'elles ne reverraient plus, qui allaient devenir la proie des *mangeurs d'hommes*. Ces beaux soldats d'Égypte, gras et bien nourris, tremblaient comme la feuille des mimosas. Cela fit rire, ajoute l'audacieux Européen, ceux qui se flattaient d'avoir d'aussi bonnes dents que les Niam-Niam. On a défendu les Niam-Niam. Ils valent mieux, croit-on, que leur réputation[3].

[1] Hérodote ne peut admettre des monts couverts de neige dans ces contrées brûlantes. Il devait être surpris que les crues eussent lieu précisément au temps des chaleurs.

[2] Revêtus, assure M. Tremaux, d'une peau de bête dont la queue pendante serait l'origine de la légende. Les singes supérieurs n'ont plus la queue!

[3] Sur l'anthropophagie en Afrique on peut lire une petite étude que nous avons écrite pour le *Bull. de la Soc. géog.*, 5e s., II.

Que sont, à côté de ces tableaux véridiques, les ridicules légendes et les mensonges intéressés perfidement semés par les Portugais, tristes colonisateurs dont les violences et la cupidité pillarde ont jeté dans l'âme des populations africaines tant de défiance et de haine contre les Européens? Ce sont ces successeurs dégénérés de Vasco et de Cabral, jaloux de décourager la convoitise commerciale des autres nations, qui écrivaient pour Shakspeare et pour les imaginations crédules de ce temps leurs relations fabuleuses. C'est à la dissimulation des Portugais que nous devons les cartes sagement réservées de d'Anville avec leurs blancs désolants et leurs honnêtes points d'interrogation. Les Portugais ont été châtiés de ces faux en écriture scientifique que réprouve notre âge. Non loin du Kilimandjaro et des sources du Nil, Rebmann a retrouvé les ruines d'un fort, les débris d'un canon, une inscription portugaise. Leur jalousie avait si bien gardé le secret de leurs découvertes égoïstes qu'ils en ont perdu l'honneur.

III

Les sources du Nil cherchées dans la région du Nil Bleu. — Bruce découvre les sources du Nil qu'on connaissait. — Encore l'expédition française en Égypte. — Conquérants et voyageurs. - Méroë. — Le confluent des deux Nils.—Khartoum.— Le Fazokl. — Adulis. — Paysages abyssins. — Les Gallas. — Le Sômal. — Les frères d'Abbadie. — Grandes espérances — Le drapeau tricolore dans la forêt vierge de Babya. — Les feux follets de la science.

« .... J'aperçus une éminence couverte de gazon d'où jaillissent les deux sources du Nil. C'était comme un autel. J'étais plongé dans le ravissement en contemplant la source principale, qui sourd du milieu de cet autel. Il est plus aisé d'imaginer que de décrire ce que j'éprouvai alors. Je restai debout en face de ces sources, où depuis trois mille ans le génie et le courage des hommes les plus fameux avaient en vain tenté d'atteindre. Des rois ont voulu y parvenir à la tête de leurs armées ; mais leurs expéditions ne se sont distinguées les unes des autres que par le plus ou moins d'hommes qui y ont péri ; toutes, nulle exceptée, se ressemblent par l'inutilité de ces sacrifices. La gloire, les richesses, les honneurs ont été promis pendant une longue suite de siècles à l'homme qui aurait la fortune d'arriver où les armées n'avaient pu pénétrer ; mais pas un seul n'avait pu poser la main sur ce but envié;

pas un seul n'avait pu au retour satisfaire l'attente de son souverain, remplir les vœux des géographes, et nous relever d'une ignorance humiliante pour le genre humain. Et moi qui ne suis qu'un particulier, qu'un simple Anglais, je triomphais dans mon imagination et des rois et de leurs armées, et mes réflexions m'enorgueillissaient de plus en plus. »

C'est en 1769 que James Bruce quitta le Caire et atteignit l'île verdoyante où il baigna ses mains dans les sources sacrées du Nil. Il revint mourir dans son village d'une chute d'escalier. Sa relation romanesque et d'une exactitude douteuse (1790) dépassait pourtant les récits portugais compilés par Tellez (1660) et commentés par Ludolf, les notes de Thévenot, du docteur Poncet qui avait vu l'Abyssinie de 1698 à 1700, les recueils d'informations locales de Petis de Lacroix [1]; mais les sources du vrai Nil, dont Bruce célébrait la découverte, nous les cherchions encore hier, et ces sources du Nil Bleu qu'il avait visitées, un jésuite portugais, le père Paez, les avait décrites avant lui, ainsi que son confrère, le père Jérôme Lobo.

Dans la deuxième édition de son *Voyage*, publiée après sa mort, Bruce veut bien parler de l'existence du Nil Blanc. Mais la hardiesse de sa carte surprend. Ne pouvant désormais méconnaître l'importance de la branche occidentale du Nil, il la rapproche extrêmement de la branche orientale, la faisant fléchir en arc parallèle. « *A beau mentir qui vient de loin*, disait au dernier banquet anniversaire de la Société de géographie son spirituel président, M. d'Avezac; ce proverbe n'est plus de notre temps. Il n'est plus de contrées si lointaines où les explorations ne se succèdent à court délai et le voyageur de la veille sait bien qu'il sera contrôlé par le voyageur du lendemain. A mesure que la science progresse, elle s'épure. »

L'expédition française en Égypte, plus encore que le roman de Bruce, dirigea l'attention sur les sources du Nil [2] que la France, depuis un mémoire célèbre de d'Anville (1745) (où la géographie de cabinet a prouvé la valeur des méthodes d'induction), s'obsti-

[1] Dont le manuscrit inédit est conservé à Leyde.

[2] Les mémoires sur le Nil du magnifique recueil de l'expédition ont été analysés par Ritter (*Géog. générale et comparée*). Malheureusement, le grand géographe n'avait à l'époque où il écrivait son Afrique d'autres cartes de Nubie que celles de Bruce, du capitaine Norden (jusqu'à Derr), de Smelt (1813) jusqu'à Ibrim, de Light, de Leake (d'après Burckhardt, etc.

nait à chercher dans la partie supérieure du Nil Blanc. « Les hommes du Darfour, racontait le dernier survivant de la glorieuse commission, Jomard, nous disaient au Caire, qu'au sud du Kordofan il existe une grande rivière qui apporte au Nil le tribut de ses eaux sous le nom de *Grande Eau*. Quelques-uns des voyageurs de l'expédition se préparaient à remonter le fleuve ; mais la guerre ne le permit pas. »

L'apparition de l'ouvrage de Bruce avait lancé le découvreur Browne sur la route du Darfour où il pénétra le premier ; trahi, il y fut deux ans captif ; il apprivoisait des lions pour se désennuyer [1]. Cependant Bonaparte, se voyant féliciter par le sultan du Darfour de ses triomphes sur les Turcs, envoya, sur les pas de Browne, Hornemann, qui fut égorgé en chemin, au delà de Mourzouk (1800). Plus heureux, Burckhardt, monté sur un chameau, comme un pieux derviche, ouvrit la route de Berber, Damer et Chendy. Burckhardt courut de grands périls au milieu des mameluks, chassés de l'Égypte par Mohammed-Ali. Il dut même un jour passer bien vite le Nil à la nage, tenant la queue de son chameau d'une main et le poussant de l'autre.

C'est en 1821 que Caillaud, qui avait déjà suivi les traces de Burckhardt, parut dans ces contrées. Le commerce des perles fines l'avait jeté, comme Chardin, dans les grands voyages ; il descendit le premier dans les mines d'émeraudes de la mer Rouge, oubliées depuis les Ptolémées. Il retrouva, dans la presqu'île formée entre l'Atbarah et le Nil Bleu, l'antique Méroë, métropole de Thèbes aux cent portes et berceau de la vieille Égypte. Il accompagnait le fils de Mohammed, Ismaïl, qui refoulait les mameluks. La science dut à l'expédition sanglante du Defterdar une carte itinéraire du Kordofan.

Non loin de Chendy, au confluent du Nil Bleu et du Nil Blanc, Mohammed-Ali élevait peu de temps après, pour régner sur les deux fleuves, Khartoum, entrepôt naturel du commerce entre le Sennar, le Kordofan, le Fazokl aurifère et l'Abyssinie, aussi bien que centre politique du pays. Plusieurs Européens, suivant les armées de Mohammed, dépassaient de quelques lieues le confluent

[1] Cuny est le seul Européen qui ait pénétré dans le Darfour depuis Browne (1851) ; il y succomba. Au delà du Ouaday, le Darfour, où fut tué Vogel en 1858. Son émule, Moritz de Beurmann, on vient de périr comme lui sur la route du Bornou au Ouaday.

de Ras-el-Khartoum : le Français Linant, l'orientaliste français Kœnig, l'anglais Hay, le docteur allemand Ruppel et d'autres.

M. Trémaux, en 1848, fut envoyé par Mohammed-Ali au Nil Bleu et au Toumat, affluent occidental du Nil Bleu, avec un officier russe Kovalewski. Mohammed-Ali y avait en personne conduit une expédition, en 1839, à la recherche de l'or ; il laissa son nom au village, capitale du Fazokl, Kery, devenu Mohammed-Alipolis.

La géographie profita d'abord de l'expédition plus que la caisse du pacha. Plus tard Kovalewski, mieux inspiré, put établir de magnifiques laveries d'or sur le Toumat et explorer scientifiquement les montagnes jusqu'à Fadassy, l'important marché des régions situées entre les deux Nils.

L'Angleterre et la France avaient les yeux fixés sur cette belle Abyssinie, plateau fertile et frais de deux cents lieues de large, élevé de deux mille trois cents mètres au-dessus de la mer, sillonné par le cours du Bahr-el-Azrek et du Tacazzé, région enveloppée de mystères, à laquelle les géographes demandaient le secret des sources du Nil, et les hommes d'État un point d'appui important pour le commerce de la mer des Indes[1]. Salt, qui allait vérifier et corriger les relations de Bruce, avait rouvert le premier, et après lui Pearce et Coffin, les communications maritimes avec l'Abyssinie chrétienne. Le sultan des Ottomans, Soliman, avait, au seizième siècle, par la prise de Souakem et de Massaouah, enfermé l'Abyssinie entre le désert et le croissant.

Le plateau abyssin est assez salubre, mais les plaines et le littoral qui l'entourent sont désolés par le *nefas*, qui isole la catholique Abyssinie entre les Egyptiens du Soudan et les Musulmans de l'Arabie ; naguère pourtant, Axoum, la capitale du Tigré plus taad effacée par Gondar, brava la malaria du littoral pour régner sur l'Arabie heureuse.

Sur les traces de Salt, le lieutenant de vaisseau Lefebvre partit

[1] C'est la politique qui a inspiré la récente expédition abyssinienne du regrettable commandant Russel (1859-1860) ; un agent diplomatique avait obtenu du roi de Tigré, Negousié (1858), la cession de Zoula (l'ancienne Adulis des Ptolemées), au sud de Massaouah et d'Arkiko, et des îles de Desset et d'Ouda. Mais Théodoros II, negous de l'Abyssinie centrale, a vaincu et dépouillé de ses États Negousié (1861). Le successeur des David et des Fasilides prétend régner sur l'Abyssinie en soumettant à son pouvoir absolu la féodalité et l'Église, et, pour donner un autre cours à l'humeur anarchique de ses barons, disputer le Sennaar et la Nubie à l'Égypte, le littoral à la Porte.

en 1839. « Traverser seulement le Tacazzé vers la fin des pluies, dit-il, c'est s'exposer à une mort presque inévitable. » Les ardeurs empestées du climat lui enlevèrent son naturaliste, Dillon; un crocodile dévora son zoologiste, Petit; le dessinateur, Vignaud, mourut sur la route de France, au retour. Lefebvre reparut seul (1844). Il imprima son voyage et repartit (1854) pour revoir cet étrange échantillon de la société primitive où l'absolutisme exploite encore la nation; la féodalité, l'homme; le patriarcat, la famille.

Sur un autre point de l'Abyssinie, Rochet d'Héricourt explorait, du golfe d'Aden au Choa, « une terre que les feux souterrains ont torréfiée et dont aucune eau fécondante ne parcourt les brûlants replis; éclairés, rougis, enflammés par les torrents de lumière que répand sur eux la fournaise solaire, tous les détails du paysage y frappent, y brûlent les yeux. »

Rochet est mort, en 1854, consul de France à Djedda. Rappellerai-je avec Rochet, Combes et Tamisier, Ferret et Galinier, Gobat, Johnston, Harris, Hoskins, Hamilton, Beke, Ruppel, Burton (1855), qui, le premier, partant de Zeïlah, a pénétré sur les confins des Gallas et des Abyssins dans la ville de Harar, ville des saints et des élégants manuscrits, des souples, délicates et pures reliures à faire pâlir Capé ou Niedrée, et à transformer les plus froids bibliophiles en ardents pèlerins de Mahomet. Burton, avec Jehenne, Guillain, Cruttenden, Christopher, nous dévoilent en partie le Somal.

Nous n'oublierons pas le comte de Thureim (1857), que la guerre chassa du Tigré à Khartoum, et qui de là visita l'Amhara. C'est là que s'élève au milieu de ce dur et fort peuple des Amharas, qui n'est pas plus brave mais qui est plus constant que les ardents Tigréens, Gondar, la capitale de Théodoros II, le *negous*, *Nagast z'Aithyopiya*[1]. Pendant que Thureim étudiait les Bogos, son compatriote, Werner Munziger, abordait le pays des Choho et

[1] Notre énergique consul à Massouah, Lejean, a vu de bien près Théodoros II, ce Louis XI à cheval en lutte avec une anarchie qui rappelle à la fois l'indépendance des propriétaires d'alleux au temps des Pepin, les *asiles* ecclésiastiques de Grégoire de Tours, l'université factieuse des Cabochiens, les clubs religieux de la Ligue, les communes hardies de Marcel et les guerres féodales du *Bien public* au temps de Charles le Téméraire. Quoi de plus piquant pour nous que cette peinture vivante et rétrospective de notre moyen âge? M. Lejean a donné de curieux fragments de son journal à la *Revue des Deux Mondes*, 1er novembre et 1er décembre 1864.

des Bédouas, où errent, plus redoutables que le lion, le léopard et la panthère qui attaquent l'homme.

Ces explorateurs pouvaient espérer rencontrer, au delà des traces de Bruce, les sources du vrai Nil. MM. Antoine et Arnaud d'Abaddie conçurent ce grand espoir. Ils avaient vu révéler les sources et la partie supérieure du Niger longtemps avant qu'on pût en déterminer le cours. Ils partent de France le 1er octobre 1837. Ils abordent à Massaouah, gagnent Gondar; Antoine retourne en France préparer la grande entreprise; Arnaud, au milieu des expéditions guerrières, recueille des renseignements. Les deux frères, réunis à Massaouah, en 1840, furent retenus sur la mer Rouge par un chef abyssin. Le climat les éprouvait. Antoine perdit un œil. En 1842, Arnaud gagnait le plateau Abyssin; Antoine, échappé aux populations soulevées contre le chef qui l'avait défendu, a trouvé un refuge dans l'église cophte de Saint-Sauveur, à Adoua; il le rejoignit enfin. Ils visitent le lac Tzana ou Dembea, que traverse le Nil Bleu, en mêlant à peine ses ondes bleuâtres aux eaux du lac; ils voient les sources de l'Atbarah (ou Tacazzé) qui, du centre de l'Abyssinie, pénètre en Nubie. Ils se croyaient bien près du but que Bruce avait manqué.

Le Nil Blanc, entre son confluent avec le Nil Bleu et le lac Nô, reçoit le Saubat, non loin du lac. Le Saubat est-il le cours inférieur du Godjab, rivière qui tourne autour du Kâffa, patrie du café, et l'enferme dans sa spirale comme une grande presqu'île? Le Godjab (ou l'Umo), dont les sources sont au sud de l'Abyssinie, est-il le principal affluent du Nil Blanc? Le 18 février 1843, les deux voyageurs, avides de résoudre cette question, s'engageaient dans l'Inarya, un des plateaux les plus élevés de l'Afrique; il est riche en or, en grains, en bestiaux. Les rives du fleuve sont accidentées, le lit profond, les flots rapides; hippopotames et crocodiles s'y plaisent. Il faut franchir les rivières à la nage ou sur des outres faites d'une seule peau de vache, mettre deux mois à faire une course de cinq jours, traverser des pays où les frontières se détachent par des scènes d'incendie et de meurtre, où les Djômma profitent de la lâcheté des Goudrou pour leur enlever d'abominables trophées. C'est dans le Gibé d'Inarya que les explorateurs reconnurent enfin le principal tributaire de l'Umo, comme ils avaient cru reconnaître dans l'Umo le principal tributaire du fleuve Blanc.

Sous prétexte d'un sacrifice au dieu du fleuve ils portèrent dans

la forêt vierge de Babya, entre l'Inarya et le Jimma, des instruments astronomiques à la source sacrée. Et ils écrivaient à Arago, de Onokullu (Éthiopie) : « Le 19 janvier 1846, nous sommes parvenus à planter le drapeau tricolore sur la principale source du Nil Blanc. » (Lettre du 7 août 1847) [1]. Et à M. Daussy : « Nous n'avons jamais contemplé un plus modeste filet d'eau. Il se grossit bientôt de tributaires, tout mignons et silencieux, pour s'avancer un peu plus fier et murmurant. Ils partent d'un rocher à tête chenue qui se projette vers le nord, ce terme lointain des grandeurs du vieux Nil. » (Lettre du 10 septembre 1847.) Au prix de quelles fatigues obstinées, de quels périls religieusement et vaillamment bravés, cette illusion avait-elle été conquise?

IV

Les sources du Nil cherchées dans la région du Nil Blanc. — Une souscription ouverte à Paris pour la recherche des sources. — Mohammed-Ali. — Le Binbachi Selim au lac Nô. — Civilisés et sauvages. — La région des marais. — L'ingénieur d'Arnaud. — Le confluent du Saubat et du Bahr-el-Ghazal. — Don Ignace Knoblecher. — Les missionnaires. — Brun Rollet à Belenia. — Les Cataractes. — *Auri sacra fames.* — Petherick. — Œdipe et le sphinx. — Le martyrologe du Nil. — *Tu Marcellus eris !* Guillaume Lejean. — Albe et Rome. John Hanning Speke et Alfred Peney. — Peney pose le problème et meurt. — Speke le résout.

On dit que M. Jomard a plus d'une fois regretté d'avoir laissé subsister sur la carte de M. d'Arnaud ces lignes ponctuées qui ont si mal guidé MM. d'Abbadie. Ces indications ne relevaient pas des observations de ce voyageur ; on les attribue à un consul de Belgique, longtemps prisonnier des Gallas, Blondeel van Cuelebrook. Les exploits scientifiques de M. d'Arnaud avaient eu un autre

[1] Le 6 août, M. Antoine d'Abbadie écrivait à M. Jomard avec plus de réserve : « Je n'ose dire que j'ai des preuves (mathématiquement parlant), que la principale branche du Nil Blanc ne vient pas du Sud, mais tourne autour du Kâffa ; mais il me semble que les renseignements de M. d'Arnaud, parfaitement d'accord avec les miens,... rendent ma conclusion très-probable. » — Le troisième fascicule de la *Géodésie d'Ethiopie* a paru en 1863. M. Antoine d'Abbadie a pu conduire une chaîne de triangles depuis la côte de la mer Rouge jusque dans l'intérieur du mystérieux pays de Kâffa où aucun Européen n'avait pénétré avant lui. Il fixe la position de 857 lieux. Le voyage de M. d'Abbadie (1838-1850) offre le premier exemple d'une véritable triangulation menée à bonne fin par un observateur isolé, muni seulement d'un théodolite, de chronomètres et de sextants.

théâtre. C'est à Paris qu'on ouvrait ce théâtre, en proposant un plan géographique pour l'exécution duquel on annonçait une souscription (1832). Le pacha d'Égypte adopta le plan (1834). Linant fut désigné comme le directeur de l'œuvre, mais à cause de difficultés imprévues l'expédition fut ajournée.

En 1839, en revenant du Fazokl, Mohammed-Ali, qui écoutait si volontiers ses conseillers français, embarque quatre cents hommes sur huit navires armés en guerre : le Binbachi Sélim, capitaine de frégate égyptien, les commande [1]. Dans la séance du 3 juillet 1840, la Société de géographie de Paris recevait un rapport de Sélim, qui excitait un vif intérêt. Au bout de cent trente-cinq jours il avait atteint, disait-il, le 3° de latitude nord. Il était entre le 5° et le 6°. Il s'était constamment dirigé vers le sud à partir du 9° ; Khartoum est situé par 15° et demi.

Mohammed-Ali avait recommandé de traiter avec humanité les populations riveraines du Nil. Le philhellène parisien Thibaut, qui se trouvait sur un vaisseau de Sélim, écrivait : « Le 6 janvier fut un jour de deuil pour ces contrées. Des présents en viande nous avaient été apportés dès le matin, et les gens nous suivaient de loin. Un sous-officier ordonna le feu. Un lac où ces malheureux se jetaient fut comblé de cadavres... Une cinquantaine d'indigènes poussaient devant eux cinq beaux bœufs. Leur démarche était suppliante. Ils nous conjuraient de ne point les écraser de la colère de Dieu. Nous en étions, disaient-ils, les enfants. Ils étaient innocents, et imploraient notre protection. Leurs compagnons dansaient non loin de nous. Ces simples tiraient la corde du bateau dans les endroits où nos marins la jetaient à terre. Ils nous amenaient les estropiés, les aveugles, les malades pour savoir si les envoyés divins voulaient remédier à leurs maux. Les soldats n'attendaient que l'ordre d'aller à la chasse : il fut donné. » C'est la *civilisation* qui passe, la civilisation qui a dépeuplé l'Amérique en donnant les Indiens *à manger aux chiens*, qui décime, à l'heure qu'il est, l'Océanie, qui brûlait hier encore le *palais d'été* de la Chine, le musée de cinq cents millions d'hommes et de cinq mille ans.

Sélim avait revu, le premier, depuis les centurions de Néron,

[1] *Premier voyage à la recherche des sources du Nil Blanc*, ordonné par Mohammed-Ali, vice-roi d'Égypte, dans le *Bulletin de la Soc. géogr.*, 2e sér., 18.

le lac Nô; on ne put pénétrer plus avant. Un médecin allemand[1] que le hasard avait associé à ces expéditions a retracé ces marais immenses du 9e degré, tapissés de végétations spongieuses, que la saison des pluies transforme périodiquement en un océan boueux; ces lagunes noirâtres qui s'étendent à perte de vue; ces eaux alourdies qui se traînent plus qu'elles ne coulent, envahies par les crocodiles, infestées d'une nuée tourbillonnante d'insectes avides de sang; cette forêt vierge de roseaux et de broussailles gigantesques; ces obstacles insurmontables qui avaient victorieusement opposé à la science pendant dix-huit cents ans une barrière de quatre-vingts lieues redoutée et infranchie. Que peut faire l'explorateur dont le *déhabié* s'embarrasse aux joncs et aux herbes, tandis que sur son bord l'assiégent la fièvre et la peste, reines fatales de ces régions malsaines!

Les basses eaux, en laissant à nu les rochers qui coupent le lit des fleuves, suffirent à arrêter Sélim. L'expédition avait d'ailleurs vu des peuples inconnus, les Dinkas, adorateurs de la lune et chasseurs d'hippopotames et de crocodiles; les Chelouks, qui s'arrachent quatre dents sur le devant de la bouche et dont les femmes portent pour tout costume un anneau de fer à la cheville; les Nouers, que distingue leur longue chevelure rouge.

Sélim ouvrait la voie. Mohammed confia une seconde expédition à l'ingénieur français d'Arnaud, à qui l'Égypte doit le port et le pont tournant de Mahmoudié. MM. Sabatier, Thibaut, Werne, l'accompagnaient. Onze déhabiés quittèrent Khartoum le 23 novembre 1840. De retour le 18 mai 1841, ils repartirent le 26 septembre pour relever des détails négligés. Ils atteignirent le 4e degré. On avait fait cinq cent vingt lieues, compté deux cents îles à demi submergées, reconnu le confluent du Saubat et du Bahr-el-Ghazal (dans lequel d'Arnaud inclinait à retrouver le Misselad, indiqué par Browne). C'est dans le pays des Bari que, le lit du fleuve s'élargissant, les rocs et les îles surgissant de toutes parts, les granits à fleur d'eau se multipliant, on ne crut pas que les basses eaux pourraient porter plus loin les déhabiés. Dans les îles, derrière les bosquets de mimosas, au milieu des hautes herbes de

[1] Ferdinand Werne, *Expedition zur Entdeckung der Quellen des weissen Nil*. Berlin, 1848. Cf. Thibault, Knoblecher, Kostchy, Mittheilungen, 1861, et *Nouv. ann.*, 1863. III.

marécages, qui s'élèvent de quinze pieds au-dessus des eaux, sur les rives, parmi les tamarins, les ébéniers, les acacias entremêlés de lauriers-roses et les delebs (palmiers dont le tronc bombé au centre semble protéger le fruit contre l'escalade), ou même dans les bas-fonds qui, en avril et en mai, n'offrent pas plus de quatorze pouces d'eau, on voyait apparaître ou fuir les populations, ointes d'ocre rouge, des Bari [1].

Don Ignace Knoblecher, le chef de la mission religieuse d'Autriche à Khartoum, remonta un demi-degré plus avant ; les Bari lui dirent que le fleuve se prolongeait bien loin au delà de leur pays.

Le Savoisien Brun-Rollet, qui naviguait sur le haut Nil dès 1844, dépassait en 1851 le pays des Berri, puis celui des Bari, s'installait à Belenia, où la mission avait risqué une sentinelle avancée du christianisme et de la civilisation.

Brun-Rollet parle favorablement de ces peuples qui s'aventurent vers le Nord jusqu'au grand marché de Fadassy où ils échangent l'ivoire contre le fer, les étoffes et les verroteries.

Chez eux le pouvoir spirituel est aux mains des sorciers ou *Khodjours*. Les rois sont toujours Khodjours. Ils sacrifient pour obtenir l'orage. Quand l'orage tarde c'est que leur prière a été mal accueillie ; ils ont le ventre fendu. — La responsabilité ministérielle a du bon. — Le missionnaire de Belenia, don Angelo Vinco, qui a pénétré le premier chez les Berri, eut le malheur d'implorer vainement l'orage ; le temps demeurait sec, admirablement beau. Le khodjour, à son tour, met un peu d'eau dans une clochette, la répand sur l'assemblée, annonce la pluie pour le lendemain. Justement, le lendemain, il pleut. Les conversions de don Angelo se défont du même coup et les néophytes brûlent ce qu'ils avaient adoré.

Au delà de Belenia on rencontre des cataractes ; les écueils se multiplient ; les barques les plus légères touchent. A Garbo, un des compagnons de Brun, Ulivi, avec huit rameurs, ne put franchir une ligne de rocs sur lesquels le Nil écume (vers le 3°). De là il voyait, au milieu des îlots hérissés de joncs, le ruban bleu du Nil disparaître derrière une montagne et, plus loin, se dérouler à perte

[1] V. Sur leurs mœurs une lettre de M. d'Arnaud à M. Jomard ; *Bull. de la Soc. géog.*, 2e s., XIX, 91.

de vue entre les forêts et les rivages. A l'époque des crues on forcerait le passage ; mais les barques devraient être remorquées au milieu de peuplades hostiles. Don Bartolomeo Mosgan se vit arrêté et contraint de rebrousser chemin.

Cette vaste région des peuples noirs, du 12 au 4°, est moins peuplée qu'on ne le croirait. C'est que la vie nomade ne favorise pas le progrès de la population. A l'exception des Chillouks et des Bari, ils sont nomades. Les Chillouks doivent à un chef unique ou mak une unité qui les fait respecter. Les Bari, chez lesquels est Gondokoro, sont voisins des Berri et des Yangbara ou Niambara. Les Nouers, au sud des Chillouks, se font redouter des Turks qui n'osent porter la traite chez eux; ils vivent à l'état patriarcal. Bien découplés, ils le cèdent en stature aux Dinkas, qui ont souvent six pieds de haut et ont des traits empreints d'aménité.

Au-dessus de ces cataractes, à douze journées des Makédo, Brun s'arrête. Là, les indigènes parlaient vaguement de grands lacs occidentaux d'où s'écoulent des rivières vers le nord. Sous un ciel chaud et humide, la végétation est pleine de vigueur ; les buffles disparaissent dans les herbes ; les roseaux ont vingt-cinq pieds ; l'éléphant et le baobad sont à la taille l'un de l'autre ; d'inextricables réseaux d'arbres forment de sombres labyrinthes où les oiseaux, le lourd hippopotame, la girafe, des serpents de vingt pieds, l'autruche et les singes troublent seuls le silence de ces solitudes vierges ; c'est d'ailleurs une région volcanique et les Bari parlent, comme les vieux Hellènes, de combats de montagnes entre elles [1]. Brun revint communiquer ses travaux à ses confrères de la société de géographie de Paris.

L'*Auri sacra fames* fait des héros : quel commerce pouvait plus tenter que celui qui échangeait vingt sous de *conteries* (verroteries de Venise), contre une dent valant cinq cents francs ? « Comment, disait un nègre à Thibaut, vous ramassez ces vieilles dents ; nous n'en faisons rien. » Ils s'en servaient pour les clôtures de leurs jardinets. John Petherick s'était risqué (1853) sur le Bahr-el-Ghazal, sous l'invocation de la gomme et de l'ivoire ; il s'ouvrait un terrain neuf de trafic. Il y est plusieurs fois retourné. Petherick s'avança assez loin, au sud chez les Djour, les Dôr,

[1] Kaufmann. Trixen, 1861.

mais non, comme il l'imaginait, jusqu'à l'Équateur où le suivrait un trop crédule lecteur[1].

Brun-Rollet (1856-1857) explora à son tour le Bahr-el-Ghazal ou Nam-Aïth (région des marais). Le Ferrarais Bolognesi (1856-1857)[2], le marquis Horatio Antinori (1860-1861)[3], les frères Ambroise et Jules Poncet (1862)[4] et Guillaume Lejean[5] se succédaient à ces postes avancés de la géographie africaine. A Gotha, le docteur Petermann coordonnait[6] dans d'admirables cartes ces indications souvent confuses et préparait pour l'expédition allemande au Soudan des cadres précieux où chaque exploit nouveau venait inscrire de mois en mois une découverte, un nom de plus.

Avez-vous vu au carré Marigny un tableau étrange[7] qu'on serait presque tenté d'attribuer au vieux Mantegna. Les anciens l'ont refait bien des fois ; les modernes le referont. Le sphinx, une femme, un lion, un oiseau : le regard, la griffe, l'aile, toutes les puissances, attirent, attendent l'homme qui plonge son œil assuré dans le mystérieux et impénétrable regard de l'ennemi dévorant, *Quærens quem dévoret:* « devine ou meurs ! » Œdipe devinera et c'est le sphinx qui mourra.

Mais que de fois Œdipe a été dévoré par le sphinx africain ! Brun-Rollet reparti plein d'ardeur, avec les encouragements de Paris (qui avait applaudi à son livre, fruit de tant de vaillants efforts : le *Nil et le Soudan* (1855), et avec les instructions du gouvernement italien, pour explorer ces grands tributaires du fleuve Blanc et en faire les chemins du Soudan, meurt à Khartoum, au moment de s'élancer à de nouvelles conquêtes. Le consul piémontais, Vaudey, oncle des frères Poncet[8], périt au milieu

[1] *Egypt, the Soudan and Central Africa.* London, 1861.

[2] Dont les notes ont été envoyées par Lejean au *Tour du Monde.* Juin 1862.

[3] *Mittheilungen*, décemb. 1862.

[4] *Bull. de la Soc. de géog.* de Paris. Janv. 1862. On peut lire : Notice sur le fleuve Blanc, par Jules Poncet. *Nouv. Ann. des voyag* 1863, et voir la carte des deux Nils, par A. et J. Poncet. *Bull.*, oct. 1861.

[5] *Le Bahr-el-Ghazal*, par Lejean, *Ann. des voyag.* Mars, 1862 et janvier 1864, et *Mittheilungen*, 1862. *Le Tour du Monde*, janv. 1864; le haut Nil (*Revue des Deux-Mondes*, 1862.)

[6] Avec Hassenstein Carte de l'intérieur de l'Afrique, feuille VI.

[7] De Gustave Moreau.

[8] Il leur a dicté un curieux manuscrit sur le Nil Blanc.

d'une rixe avec les indigènes. Il était sur le point de s'avancer vers l'Équateur. Don Angelo Vinco, comme Knoblecher, succombe à la fièvre (1853).

M. de Malzac, qui s'était établi à Khartoum et parcourait le Soudan oriental, est frappé par les traits mortels d'un soleil de feu. Le même sort atteignit M. de Harnier[1], lorsqu'il remontait pour la seconde fois le fleuve Blanc (novembre 1861). Il faut ajouter à ces victimes le nom du jeune baron Adalbert de Barnim, qui périt au Fazokl (1860); il était à peine âgé de dix-neuf ans. Son compagnon, le savant docteur Hartmann, a déposé sur un mausolée le magnifique ouvrage qui est le fruit de leurs communs travaux[2]. N'oublions pas M. de Vayssière[3], qui faisait en Français, en chevalier, la police de ces malheureuses contrées contre la traite et les traitants. Sa mort coïncida avec la dissolution de la mission autrichienne de Gondokoro, fondée en 1851 et décimée par la fièvre. « Le peu de néophytes que nous avons faits chez les Bari, disait le missionnaire des Yangbara Morlang à Lejean, ont été fusillés ou sont esclaves à Khartoum. » Le missionnaire de Khartoum, Kirscher, le prédicateur des Bogos, Stella, se sont préoccupés davantage du temporel. Aujourd'hui, Petermann presse l'Autriche, qui a encouragé déjà les beaux travaux de l'ingénieur Russegger, d'entreprendre une mission purement scientifique sur le Nil.

Cependant l'Égypte avait organisé une nouvelle expédition française pour reprendre et poursuivre l'exploration où s'étaient arrêtés, lassés, d'Arnaud (1841), Knoblecher (1848); d'Escayrac de Lauture, déjà signalé par sa belle étude du Soudan, la commandait (1857). L'envie, ou peut-être le doute, la dispersa[4].

G. Lejean, un Breton, lévite échappé comme Renan à l'ombre de l'autel, poëte énergique dans la langue de la vieille Armorique, savant hardi, cœur ardent et esprit concentré, aguerri par des courses difficiles en Europe, tout brûlant d'enthousiasme pour la science, était parti, trop mystérieusement peut-être, pour le Nil, où il prétendait devancer Speke. *Tu Marcellus eris!...* La fièvre

[1] Voir ses notes dans les *Mittheilungen*, 1862.

[2] Berlin, 1863, in-4° avec 24 cartes. Lire : les *Routes entre Dabehé et Khartoum*, par Barnim; trad. de Vivien de Saint-Martin: *Nouv. Ann.*, avril 1863.

[3] *Bullet.*, juin 1861.

[4] Voyez l'intéressant récit de Georges Pouchet, *Dongolah et la Nubie* (1860).

l'arrêta languissant et impuissant au seuil des découvertes. Il est vice-consul de France à Massouah, comme Petherick l'est d'Angleterre à Khartoum. Naguère Théodore, le roi soupçonneux de Gondar, celui que Lejean appelait Charlemagne et qu'il a rebaptisé, je pense, Tibère, l'avait, dans un de ses accès de défiance, fait charger de fers. Plus heureux que son collègue, le consul d'Angleterre, Lejean a pu lui échapper, et il est arrivé à Paris avec un précieux volume et un atlas qui ne manquera pas d'originalité.

Le docteur Peney, enfant de Gex, venu au Soudan avec le Tcherkesse Ahmed-Pacha, depuis quinze ans qu'il était médecin à Khartoum, rêvait aussi cette gloire. A lui seul il fera ce que n'a pas su même tenter l'expédition dissoute. *Unus agminis vires habet*, c'est une devise de la France. A force de sollicitations, il obtient le droit d'aller mourir à la brèche. Il part sur un petit vapeur.

Il y avait à ce moment deux hommes qui regardaient vers les lacs originaires du Nil. L'un était Speke, l'autre notre Peney. L'un partait de Zanzibar, l'autre de Khartoum. Lequel des deux arriverait aux sources du Nil? Speke y planterait-il le premier l'*Union-Jack*, ou Peney y crierait-il le premier : Vive la France! Nous les suivions de Londres et de Paris avec une émotion pareille et une égale confiance. La victoire entre eux deux était si incertaine, que Speke n'a dû certainement son triomphe qu'au destin fatal de son émule : « J'ai la ferme intention de remonter plus haut qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, écrivait Peney à M. Jomard, et, permettez-moi, monsieur, de vous le dire, l'espérance de parvenir *au delà de l'Équateur*, et, par conséquent, *aux grands lacs*... » Il prévoyait même la lacune qui jette quelque ombre sur la belle entreprise de Speke : « Mon intention est de prendre la voie de terre, dès que celle du fleuve deviendra impraticable, et de remonter aussi haut que possible, *en côtoyant les rives du Nil de façon à ne pas m'égarer en chemin ni à confondre un cours d'eau avec un autre.* » Il croyait atteindre en trois mois les grands lacs.

En novembre 1860, Peney quitte Khartoum. En janvier 1861, il est à Gondokoro, une des étapes les plus reculées des reconnaissances européennes. Il attendait les hautes eaux pour franchir les écueils enchaînés l'un à l'autre pendant 750 mètres, et, plus bas, les cataractes de Makedo. Il fait de nombreuses excursions, tout en étudiant le régime du fleuve, son débit, ses crues, et fixe

la position de Gondokoro[1]. A Khartoum, à la jonction des deux Nils, il trouvait 335 mètres, à Gondokoro 628 mètres de hauteur absolue au-dessus du niveau de la mer. Il s'était avancé à pied jusqu'aux monts Rego, limite méridionale des Bari ; mais, au pied du pic Gniri, il rencontre des rochers qui barrent le fleuve ; les nègres refusaient d'aller plus loin. Peney s'indigne, il se désole ; la fièvre le surprend sous ce ciel embrasé et au milieu de ces exhalaisons empestées. Il veut vivre, il lutte. Il succombe[2] entre les bras d'un autre explorateur, le Maltais Andréa de Bono[3]. De Bono, dépassant le Vénitien Miani[4], s'avance jusqu'à Faloro.

Quelle fut la surprise et l'émotion des Européens de Faloro lorsqu'ils virent arriver du sud Speke, qui avait rêvé de descendre le Nil depuis sa source, et dont on n'avait plus de nouvelles depuis le 30 septembre 1861. Bientôt Londres lisait avec une joie mêlée de stupeur ce télégramme de Gondokoro : « THE NILE IS SETTLED (le Nil est réglé). SPEKE. »

V

LE RÉSERVOIR DU NIL TOURNÉ. LES GRANDS LACS. — Mélinde. — Les vaincus. — Lewis Krapf à Rabbaï m'pia. — La montagne d'Argent (le Kilima-Ndjaro) et le Kenia.— Incrédulité de la critique de cabinet. — Le docteur Roscher. — Un millionnaire au Kilima-Ndjaro; de Decken. — Ce qu'on disait des grands lacs. — Deux monuments de la géographie primitive. — Le Maravi de d'Anville effacé par Lapie, retrouvé par Livingstone.—Richard Burton et Speke. — La terre de la lune. — Le lac Tanganyika. — Le Rousizi. — Speke au Nyanza. — Le grand réservoir du Nil.

Sur la côte du Zanguebar, dont le cap Delgado marque la frontière méridionale, s'élève, sous les ombrages des bananiers, des manguiers et des baobabs, Mélinde, jadis la brillante Mélinde. Vers 1529, les Portugais apparurent dans ces riches contrées. Un siècle et demi après, Mombaz, où l'on voit encore la citadelle qu'ils bâtirent

[1] Entre d'Arnaud et Knoblecher, 3 degrés de différence.— *Bullet.*, 4e s., III.

[2] Ses notes et croquis ont été envoyés par le pacha à Paris, où l'infatigable sociétaire de la *Société de géographie de Paris* les a publiées : *Le docteur Alfred Peney*, extrait de ses notes par Malte-Brun. *Bull. de la Soc. de géog. de Paris*, juillet 1863.

[3] *Recenti Scoperte sul Fiume Bianco; Alessandria di Ægitto*, 1862.

[4] M. Miani va repartir pour le Nil avec deux ingénieurs qui ne lui seront pas inutiles, si on en juge par sa polémique avec Speke. Citons aussi son compatriote G. Beltrame, *Un Viaggio sul Fiume Bianco*, Verona 1861.

en 1594, et Zanzibar (la terre des noirs), se soulevèrent contre ces tyrans cupides et égoïstes. Les musulmans d'Oman soutinrent la révolte. Les Portugais abandonnèrent dévastées ces régions qu'ils avaient trouvées florissantes. La suprématie de l'iman de Mascate a, depuis, remplacé la domination du Portugal dans ces parages, et les indigènes, qui n'ont fait que changer de maîtres, se sont donné le nom douloureux de Moukhadim (*les vaincus*). Le Coran règne dans ces lieux où les Portugais n'ont pas su faire aimer l'Évangile. Mais il règne plutôt qu'il ne gouverne; le Coran proscrit les liqueurs fortes; les Zangues boivent des liqueurs douces, et ils en boivent beaucoup, s'il faut en croire M. Guillain.

C'est avec l'espoir d'apporter aux *vaincus* des consolations plus nobles et plus efficaces, et sans se douter qu'il tournait l'inaccessible réservoir du Nil, qu'un savant missionnaire, Lewis Krapf, explorateur laborieux de l'Abyssinie, vint, en 1843, s'établir dans les cinq villages fortifiés de Rabbaï, centres commerciaux, lieux d'assemblées politiques et camp de refuge des Zangues. C'est au petit Rabbaï (Rabbaï-m'pia) qu'il arrivait, une Bible sous le bras. Le Suisse Rebmann vint l'y retrouver en 1846.

« Krapf, dit fort bien, dans son excellente *Année giographique*, M. Vivien de Saint-Martin, est un de ces hommes comme en ont tant compté les anciennes missions françaises, en qui le zèle évangélique n'a pas étouffé le goût des fortes études et l'ardeur des découvertes. » Un sol riche, mais malsain, un climat terrible, la barbarie des indigènes, avaient éloigné de ces parages inhospitaliers les pionniers les plus intrépides de la science. Mais Krapf sentait son cœur au niveau de sa tâche d'explorateur. En 1847, il s'enfonçait avec son compagnon dans ces terres inconnues et redoutées. Huit bulletins successifs arrivèrent à Londres [1], et, grâce à lui, les plans de nos cartes du Zanguebar se remplirent et s'enrichirent de détails neufs, authentiques, précis.

Au mois d'avril 1849, Rebmann, avec neuf hommes, pour la plupart nègres, s'enfonçait sur les traces de Krapf. Une terre promise, couverte de bananiers et de cannes à sucres, émaillée de paysages ravissants, enchantée par un air pur et frais en raison de l'élévation du sol, le mena au Djaga, à travers bois, monts et ri-

[1] 1850-1853, imprimés dans *the Church missionary Intelligencer*, I-IV. Krapf a donné aussi à Kornthal (1853, *Reisen in Ost-Afrika*, et à Londres (1860) *Travels, Researches in Eastern Africa*.

vières; çà et là des troupeaux de girafes, d'éléphants, surtout ces terribles rhinocéros qui s'acharnent sur leur proie jusqu'à ce qu'elle ne donne plus signe de vie. Le 11 mai, au milieu des montagnes du Djaga, s'élevant par assises en amphithéâtre et se dressant par degrés à une hauteur colossale, Rebmann distingue un dôme couronné de neiges éblouissantes de blancheur et étincelant sous le ciel embrasé de l'Équateur. — « Qu'est-ce? dit-il. — C'est, répond le guide, la montagne d'Argent, les esprits du mal en gardent l'accès; bien des gens ont voulu la gravir : tous ont péri. » Le guide assure même qu'un souverain voisin, y avait envoyé récemment une ambassade; un seul homme était revenu, les pieds et les mains gelés. Rebmann contemplait la montagne enveloppée par des nuages à travers lesquels brillait l'éclat des neiges perpétuelles. Spectacle plus étrange encore pour les Africains que pour ce pasteur suisse. C'était le Kilima- (*montagne*) Ndjaro, et plus loin, à l'ouest, Rebmann retrouvait une inscription en langue portugaise.

Krapf, quelques semaines après, en juillet, venait étudier de plus près les deux sommets du Kilimandjaro. Plus au nord, il rencontrait, vers les sources de la Dana, le mont Kenia. Que ne put-il apercevoir le volcan en feu dont l'entretenaient les indigènes! Krapf revint à travers des pays riches en bananiers, cannes à sucres, cocotiers, maïs, riz, tabac. Sa santé usée le ramena d'abord en Europe, son zèle le rappela en Abyssinie. A Londres, un éminent critique, trop souvent fantaisiste ou négatif, Desborough Cooley, accueillait ces récits avec un sourire, et bientôt par un démenti hardi. Telle avait été la récompense de Caillé quand il découvrit Tomboctou (1828) « Il est mort avant d'avoir pu faire taire la calomnie, » a dit Barth qui revit le premier la mystérieuse cité (1855). Mais à Gotha, le sens géographique supérieur et la généreuse confiance du savant Petermann vengeait les pauvres missionnaires d'un dédain imprévoyant et d'une incrédulité qu'on poussait jusqu'à la calomnie. Ils étaient bien audacieux d'en croire leurs yeux plus que les *à priori* de la critique de cabinet!

En 1860, de Decken, un millionnaire qui ne consacre pas à la science seulement sa fortune, mais sa vie, fils de cette cité de Hambourg qui a donné Barth à l'Afrique, venait rejoindre à la côte orientale un de ses compatriotes, le docteur Roscher, consul de Hambourg. Roscher cherchait les sources du Nil. Il s'était entretenu avec Rebmann et se dirigeait vers le Kilimandjaro. Une fièvre

violente le force à reculer. Il se remet; il est trop pauvre pour s'assurer une escorte suffisante; il prend la route des montagnes de neige et, au mois de mars 1860, lorsqu'il revenait à Zanzibar avec un précieux journal de voyage, il tombe sous les coups de quelques noirs qui l'assassinent pour se parer de ses dépouilles. Peu après, de Decken débarquait à Kiloa. Il s'engage dans l'intérieur à la recherche des papiers de Roscher; ses porteurs le trahissent. Il dut retourner sur ses pas. Bientôt, au mois de juillet 1861, il arrivait avec un géologue qui avait suivi Livingstone dans sa seconde expédition au Zambèze, Thornton[1], au pied du Kilimandjaro. On avait gravi la montagne à huit mille pieds. C'était moins de la moitié de la hauteur. Les guides, troublés par une horreur superstitieuse, s'enfuyaient; la saison des pluies arrêtait d'ailleurs les explorateurs; mais on s'était vu menacé par deux avalanches et on avait contemplé les neiges éternelles. Le 11 novembre, de Decken était de retour à Zanzibar avec ses mesures. En octobre 1862, arrêté par les Maçaï sur le chemin du Kenia, il revenait encore au Kilimandjaro avec le géologue Kersten. On montait à cinq mille pieds plus haut que la première fois : on s'élevait à treize mille pieds. Arrêtés par des obstacles, les hardis savants durent redescendre. De Decken pouvait du moins écrire à Barth : « Le Kilimandjaro a deux pics, l'un de 17,340 pieds anglais, l'autre de 20,065 pieds; la végétation cesse à 12,000 pieds, la limite des neiges est à 16,400 pieds[2]. » Krapf était vengé.

En 1857, Speke mettait pour la première fois, de compagnie avec l'illustre Burton, le pied sur cette terre d'Afrique qui, « comme assez sauez, aporte tousiours quelque chose de nouueau[3]. »

Avant de suivre Speke, arrêtons-nous pour ouvrir une carte antique, vénérable monument de la géographie primitive, dressée par Abou-Djafar-Mohammed-Ben-Musa, sur l'ordre du khalife Al-Mamoun, en 833. La source du Nil y est placée dans un lac appelé Kura-Kavar, situé à l'Équateur. Une île est représentée au milieu du lac. Longitude 32° 40′. — On croirait cette carte dessinée d'après les découvertes de Speke[4]!

[1] Thornton est mort, en avril 1863, sur le Chiré, dans l'Afrique orientale.

[2] M. de Decken prépare sa quatrième exploration.

[3] Rabelais.

[4] Lelewel l'a prise dans l'ouvrage arabe *Rasm*, et l'a introduite dans sa *Géographie du moyen âge* (Bruxelles, 1830). Lorsque le colonel, sir Henry

La bibliothèque de la *Propaganda fede*, à Rome, renferme une autre carte, du seizième siècle[1]. Le Nil y est représenté comme s'échappant d'un lac placé sous l'Équateur. Cette carte serait l'œuvre d'un Jérôme Verrazano, peut-être le frère du célèbre géographe florentin, Jean Verrazano, qui fut chargé par François Ier d'explorer pour la France le Canada. A cette époque, des bruits parvenaient aux comptoirs portugais, établis à la côte occidentale et à la côte orientale de l'Afrique, sur l'existence d'une grande mer dans l'intérieur du continent. Verrazano les avait sans doute recueillis, et, sur ces données, il avait construit sa carte.

L'explorateur abyssinien Charles Beke croyait pouvoir déclarer en 1861, devant l'Association britannique pour l'avancement de la science, que le Kenia et le Kilimandjaro appartiennent aux montagnes de la Lune, dont parlait Ptolémée, il y a dix-sept cents ans. S'il se trompait sur le massif, se trompait-il sur le système?

Un instinct prophétique tournait déjà tous les regards vers ces régions mystérieuses. Les Portugais ont connu le Maravi; d'Anville l'avait accepté[2] (1727), mais le silence jaloux des Portugais laissait place au doute. Lapie tient le Maravi pour fabuleux et l'efface imprudemment de la carte. Desborough Cooley le déclarait identique au Nyassa, dont un nègre lui indiquait vaguement la position (1835). Dès 1838, Turner, le capitaine Ormsby, W. Bollaert veulent l'aller chercher par Zanzibar. Cooley rédige les plans de l'exploration; la Société de géographie de Londres, le gouvernement se montrent favorables, mais les deux capitaines durent prendre la mer, et Bollaert, désolé, va faire son beau voyage au Texas. A Londres, le colonel Sykes rappelait toujours la convenance de tenter la reconnaissance projetée par Zanzibar. En 1848, Beke organise l'expédition. Bialoblotsky en est le chef. Mais tous les Européens engagés dans l'entreprise paraissent sacrifiés; on recule. En 1852, on eut des renseignements fort confus d'Arabes qui avaient traversé l'Afrique, de Zanzibar au Bengale, puis d'autres

James, la plaça récemment sous les yeux de sir Roderick Murchison, le savant président de la Société de géographie de Londres demeura frappé d'étonnement d'une coïncidence si étrange.

[1] On peut en voir la copie réduite dans la bibliothèque de la Société de géographie de Londres.

[2] Dans la carte qu'il dressa pour la relation du P. Jérôme Lobo, traduite du manuscrit portugais par Le Grand.

indications que Ehrardt avait tirées des indigènes, sur trois routes qui menaient, assurait le missionnaire, à une mer intérieure. C'est Livingstone, l'explorateur de l'Afrique australe depuis 1848, le découvreur du lac Ngami en 1849, le hardi pionnier du haut Zambèze, de 1852 à 1856, qui, en remontant le Chiré ou Shira (septembre 1861), devait découvrir le Maravi, comme il découvrait le Chiré. — Nous les connaissions, crient les Portugais. — C'est en vain que l'égoïsme réclamerait la gloire d'une heureuse investigation dont les fruits soigneusement dérobés par lui n'ont été restitués à l'humanité que par le plus noble dévouement scientifique. La patrie du prince Henri, de Gama et d'Albuquerque semble sortir d'un long sommeil, non sans quelque dépit rétrospectif et quelques remords tardifs[1], au bruit des applaudissements dont l'Europe salue Livingstone redécouvrant pour elle l'Afrique découverte par les Portugais pour le Portugal[2].

Mais déjà la science avait un héros sur ces terres qui gardaient le secret des sources du Nil.

Richard Burton, jeune encore, patient, intrépide, fait au mépris de la fatigue et à l'insouciance du danger, et déjà de vaillant renom pour ses belles investigations en Arabie et au Sômal, pèlerin de la Mecque et de Harar, au péril de sa vie, sous le costume musulman et le nom d'Hadji-Abdallah, s'offrait, en 1856, à la Société de géographie de Londres pour aller reconnaître les grands lacs de l'Afrique orientale. L'expédition est préparée par la Société avec l'appui du gouvernement. Burton s'était choisi un second intelligent et hardi, le lieutenant Speke, qui entrait en scène. Speke, comme Burton, officier dans l'armée des Indes, avait chassé dans l'Himalaya et le Thibet, combattu sous Gough dans le Pundjaub, et avait pénétré dans le Sômal. Captif des Somaulis, il avait su s'échapper[3]. En 1855 Speke combattait en Crimée et

[1] Le comte Sâ de Bandeira, ancien président des colonies et ministre de la guerre à Lisbonne, a recomposé l'ensemble des travaux de Joao dos Santos (fin du XVIe siècle), Manoel Godinho (XVIIe siècle), Monteiro (1854); *Bull. de la Soc. de géog. de Paris*, 1862, juin.

[2] Livingstone, qu'on disait avoir péri chez les anthropophages et qui a échappé aux traitants portugais, est à Londres depuis juillet dernier, où il n'a pas eu le bonheur de ramener son intrépide compagne, la fille du missionnaire géographe Moffat. Il prépare une exploration nouvelle dans l'Afrique inconnue.

[3] Il a raconté cette expédition dans le *Blackwood's Magazine* (1854 et

rêvait du Caucase; il quitta tout pour l'Afrique et Burton. En décembre 1856, ils abordaient à Zanzibar. Bientôt ils allaient à Rabbaï m'pia visiter Rebmann. En juin 1857, les fortes pluies diminuant, ils s'avançaient dans l'intérieur. Chez les Ouazaramo ils retrouvaient à Dégé la Mhora, les traces sanglantes du lieutenant de marine Maizan, qui, dès 1845, voulait arborer le drapeau français sur les lacs que Burton et Speke venaient à leur tour chercher.

Tous les deux, épuisés par un soleil vertical, Burton souffrant d'une ophthalmie, traversaient le riche Ounyamoézi (*terre de la Lune*) qu'on appelle le jardin de l'Afrique. C'était jadis un État puissant; il a été démembré par les discordes civiles. Le 13 février 1858, à trois cents lieues de Zanzibar, la caravane faisait halte sur des hauteurs. Une ligne blanchâtre étincelait dans le lointain. « Quelle est cette traînée lumineuse? dit Burton. — Je crois que c'est l'eau, dit le guide. »

Burton est myope. « Je demeurai consterné. La faiblesse de ma vue, un rideau d'arbres, les nuages qui voilaient le paysage, me laissaient entrevoir un grand étang. C'est pour cette mesquine flaque d'eau que j'avais risqué ma vie et ruiné à jamais ma force et ma santé! Un moment je me demandai si je ne devais pas rebrousser chemin immédiatement et courir à la recherche *du lac Nyanza, qui me consolerait peut-être de ma déception*. (Éclair de divination dont ce voyageur ne comprit point alors l'avertissement prophétique.) Enfin je me déterminai à pousser en avant!... »

Il avait à peine fait quelques pas qu'un vertige nouveau s'emparait de son esprit. Il court, puis s'arrête, étonné, immobile d'admiration et de bonheur. A ses pieds, au delà du penchant verdoyant de la colline, une mer, teinte de l'azur le plus doux et légèrement ridée par le vent, se déroulait à ses yeux; ses petites lames couronnées d'écume venaient se briser sur un sable d'or. Il avait devant lui les splendides perspectives du grand lac Tanganyika ou Oudjidji. A la rive opposée, le lac s'encadrait dans une ceinture de montagnes abruptes qui s'abaissaient en grèves jaunâtres, bordées de joncs ou lavées par le flot clair. Tantôt ces montagnes dérobaient leur tête dans les nues, tantôt elles se découpaient sous le ciel des tropiques en un cône brillant. Derrière un cap, qui

1855), et (1864) dans *What led to the discovery of the sources of the Nile*. — Cf. le récit de Burton : *First Footsteps in Eastern Africa*.

en masque l'embouchure, le Malagarazi décharge avec fureur, dans le lac, ses eaux rougeâtres; un horizon infini, des îles, dans le lointain des villages, des canots, des jardins, des champs cultivés: Cette scène magique illuminée par un soleil éblouissant! Toutes les fatigues, tous les dangers sont oubliés en un instant. Burton et Speke se jettent dans une barque et explorent avec ivresse ce lac que nul Européen n'avait vu encore. « Quel charme! s'écrie Burton. Après les baies silencieuses et monotones de l'Afrique orientale, après le désert, les buissons brûlés, les roches nues et arides, les herbages séchés, les marécages sombres, des jungles sinistres, voir ces séduisants rivages! La joie de l'œil, l'ivresse de l'âme, l'oubli des périls et des labeurs, de la déception et de la souffrance, du retour incertain, l'ardeur qui demande des périls nouveaux pour les braver tous! Nous étions émus et ravis! »

Hélas! le canot de Burton, grâce à de ruineux sacrifices de perles, vêtements, porcelaines blanches et bleues, avait pu visiter même les plages de Mourivoumba, où se déchaînent la fièvre, les moustiques, les crocodiles, les anthropophages. Mais à une faible distance de la pointe septentrionale du Tanganyika, rien ne put décider les pêcheurs à se risquer plus loin. Une rivière mystérieuse (le Rousizi) s'y rencontre. En sort-elle? S'y décharge-t-elle? Elle y débouche, assurent les indigènes. Elle en sort, disent les Arabes, et Speke pense comme eux. Les marchands arabes parlaient d'un autre grand lac qui s'étend vers le nord. Speke, en dormant sur le sol humide, avait pris les fièvres, mais se guérissait. Burton les avait à son tour. De retour à Kazeh, il demeure cloué sur son lit. Speke va seul au lac.

Il marcha vingt-cinq jours. Le 3 août 1858, il contemplait avec délices l'*Eau* (Nyanza). « Et jusqu'où s'étend le Nyanza? demande-t-il aux indigènes. — Jusqu'au bout du monde. »

L'altitude du lac Nyanza (ou Victoria comme Speke l'appelait en loyaliste) le frappait. Il mesurait 3740 pieds anglais, 1140 mètres au-dessus du niveau de la mer. On lui disait que dans la saison des pluies il déborde. Ce grand lac, si large que les rives échappaient au regard et dont personne autour de lui ne connaissait la longueur, a l'air de la source d'un grand fleuve, se disait Speke.

Speke aurait voulu de suite remonter vers le nord. Mais Burton l'attendait à Kazeh. Il s'arrache à son lac, à son dessein se-

cret, reprend la route de Kazeh, non sans jeter un regard en arrière. Il avait quitté Burton le 9 juillet ; il le revoyait le 25 août. Pendant ce temps, Burton avait recueilli quelques informations sur les rivières et les États qni bordent le Nyanza.

« Mon compagnon apparut radieux, rapporte Burton. Il avait découvert la source du Nil Blanc. Dès qu'il avait aperçu les vastes eaux du Nyanza, il n'avait plus douté ; c'était une inspiration. Je me permis de trouver que si la conviction était forte, les motifs étaient faibles. Je ne pus le persuader ; je m'aperçus que je réussirais seulement à le blesser. »

« Je me sentais, dit Speke, convaincu que le grand lac était la source du Nil. Je l'avais noté dans mon esprit... Un doute existait dans la pensée de tous, excepté dans la mienne. Si j'avais été seul, j'aurais fini, dès 1859, la question du Nil. *I should have settled the Nile in* 1859. »

Un marchand indien allait remonter vers le nord. Speke offrait de l'accompagner. Burton malade, fatigué, refuse cette gloire, qu'il n'eût point acquise à demi, et déclare l'expédition terminée. « Les deux années de congé qui nous étaient accordées approchaient de leur terme. Un an de plus eût été nécessaire. L'argent nous manquait comme le temps. Il fallait laisser notre œuvre incomplète. » Il allait revenir en Europe par Zanzibar, lui qui pouvait y rentrer par Gondokoro !

Le 3 février 1859, les explorateurs étaient de retour à la côte.

Cependant, tandis que Burton écrivait : A d'autres l'honneur de résoudre le problème du Nil, Speke mandait à la Société de géographie de Londres : *Le lac Nyanza est le grand réservoir du Nil*[1].

[1] De retour en Europe, Burton et Speke se séparèrent. Burton, perdu pour le Nil, allait visiter les Mormons, (The city of the saints and acrso the Rocks mountains 1862.), puis, consul d'Angleterre à Fernando Po, il gravissait le premier les cimes des Cameroun et pénétrait chez les anthropophages Fàn, voisins des factoreries du Gabon (*Abbeokuta*, London, 1863, 2 vol.). Cf. Le livre intéressant et généreux de F. de Lanoye, *le Niger*.

VI

Début de l'expédition de Speke. Il atteint Kazeh. — Speke quitte à Londres Petherick et lui donne rendez-vous à Gondokoro. — Ce que l'Angleterre a fait pour Speke. — Tout pour la guerre. — Sir George Grey, — Speke à Zanzibar. — Huit mois perdus. — Les sultans d'un jour. Le hongo. — L'Ousagara ; la chasse à l'esclave. — Avenir de Zoungomero. — Le grand entrepôt de Kazeh. — Le pays de la Lune (Unyamoezi). — Richesse agricole et minérale. — Speke fait son bilan. — Découragement.

Le lendemain de son arrivée à Londres, Speke faisait partager ses vues à sir Roderick Murchison, qui proposa à la Société de géographie d'achever l'œuvre commencée, de réaliser le rêve entrevu.

La Société de géographie de Paris avait décerné sa grande médaille d'or aux découvreurs des lacs Tanganyika et Nyanza. C'était déclarer qu'elle tenait le problème pour bien posé. Speke prétendait le résoudre, faire le tour du Nyanza, et sortir du lac par le Nil. Il avait rencontré à Londres le trafiquant John Petherick ; il ne craignait pas de lui donner rendez-vous en octobre 1861 à Gondokoro ; Petherick, nommé consul d'Angleterre à Khartoum, l'y attendrait avec des bateaux et il enverrait au-devant de lui les facteurs qu'il emploie à la recherche de l'ivoire.

Speke demandait cinq mille livres sterling ; on ne lui en offrit que deux mille cinq cents. C'était peu ; il accepta. Un don d'articles d'horlogerie et de bijouterie, une suffisante quantité de poudre de chasse fournie par le bureau indien, le passage gratuit sur un vaisseau de l'État, la permission d'emmener un fidèle compagnon de ses chasses et de ses expéditions dans l'Inde, le capitaine Grant, voilà tout ce que l'Angleterre faisait pour lui. Il est vrai qu'ailleurs il n'eût recueilli que des vœux obligeants.

Il avait perdu huit mois. Il voulait abréger la route ; mais le commissaire anglais à Aden envoyait ses vaisseaux en Chine. Tout pour la guerre. La route commerciale du Nil vaudra pourtant un jour la route du Yang-tse-Kiang. Speke dut s'embarquer pour le Cap. Il était encore à Londres le 27 avril 1860, il débarquait au Cap le 4 juillet. Le gouverneur du Cap, sir George Grey, s'était consacré naguère aux explorations géographiques ; il montrait avec orgueil les blessures que lui avaient faites les flèches des sauvages ; il ouvrit les bras à Speke, l'appela son fils, lui donna

pour acheter des mules trois cents livres sterling, et, pour se faire une escorte, des volontaires hottentots. Le 17 août, Speke prenait terre à Zanzibar. La première nouvelle qui l'y attendait fut le meurtre de Roscher, le plus récent holocauste offert à la divinité du Nil, mais son cœur était fortement trempé.

Le 21 septembre, Speke et Grant quittaient Zanzibar sur une frégate du sultan. Le 25, ils avaient traversé le bras de mer qui sépare l'île du continent et débarquaient à Bagamoyo (6° 26′ latitude sud). Le 2 octobre, Speke après une revue générale du personnel, se mettait en marche et entrait dans l'Ouzaramo. Il reprenait la route qu'il avait suivie avec Burton jusqu'à Kazeh ; il haletait de revoir le Nyanza et de toucher la source du Nil.

Speke était loin de prévoir que cette détermination de ne point épuiser ses forces au sein même de la carrière, qui semblait dictée par une prudence excessive, allait enchaîner son ardeur sous des entraves inattendues. Il se trouvait que l'Afrique orientale était désolée à la fois par la sécheresse, par la famine, par la guerre civile, et que les tribus étaient en guerre avec les trafiquants d'ivoire. Le terrain se dérobait sous les pieds du pionnier. Ces retards le tuaient ; l'anxiété lui donna une maladie qui faillit être mortelle.

Le 12 décembre 1860, Speke était à 400 milles anglais de la côte, environ *à mi-chemin* du lac. Neuf mois s'écoulent. Point de nouvelles. L'Afrique a-t-elle donné à la science un martyr de plus? Le 30 septembre 1861, Speke était encore à quelque distance du lac, on ne l'apprenait à Londres que treize mois après. Il avait dû perdre à Kazeh huit longs mois, huit années au gré d'une dévorante attente.

Les lettres du 30 septembre renouvelaient pour nous les espérances que nous rattachions à cette entreprise hardie. Speke avait gardé sa foi. Si la route du Nil Blanc m'est barrée, disait-il, j'irai en droite ligne au littoral oriental. Il aurait pris ainsi le chemin des montagnes neigeuses et rencontré peut-être les vraies sources du Nil.

Dans l'Ouzaramo, Speke atteignit la région des lacs. Le sol s'y élève par degrés et forme un plateau bombé. Le Mzaramo[1] ne nourrit pas de bétail et chasse à l'esclave.

[1] Ouzaramo, le pays de Ramo ; *Mz*aramo, l'habitant de Ramo ; *Ouaz*aramo, le peuple de Ramo ; *Kiz*aramo, le langage de Ramo.

Les *Phanze* ou chefs, vassaux du sultan, vivent à la côte ; mais aussitôt qu'ils sont avertis du passage d'une caravane, ils se transportent, avec leur campement nomade, sur le grand chemin, deviennent sultans pour un jour et prélèvent royalement le *hongo*. On offre peu d'un côté ; on exige beaucoup de l'autre ; on se récrie, on se fâche, on accorde davantage, on s'apaise ; on bat le tambour et vous passez, quitte à recommencer un peu plus loin la même diplomatie pour recevoir des mêmes royautés mendiantes le même laissez passer, sous la forme d'une aubade bruyante, mais coûteuse.

La vallée de la Kingani séparait Speke des collines boisées de l'Ouzegura, parallèle à l'Ouzaramo. L'Ouzegoura n'est séparé à son tour de l'Ousoumbara que par la vallée du Pangani qui se jette dans l'océan entre les îles Zanzibar et Pemba. Une chaîne de montagnes, parallèle à la côte orientale, s'étend au nord par delà le Pangani jusqu'au Kilimandjaro. Au sud, elle s'infléchit vers l'ouest et Speke la suit de la pensée jusqu'au Nyanza méridional. Par delà ces deux points ! « le reste du monde en sait autant que moi. »

Insensiblement Speke s'est élevé à cinq cents pieds au-dessus de la vallée de la Kingani et on aperçoit, le 17 octobre, une chaîne de montagnes, en deux rangées parallèles ou enchevêtrées du sud-ouest au nord-est ; elles sont volcaniques, coupées de ravins, semées de montées ardues et de rapides descentes. C'est l'Ousagara, que le 7° de latitude sud coupe en deux, et qui appartient sans doute au plateau intertropical de l'Afrique. Speke y trouvait une terre alpestre, dont les vallées arrosées, les plateaux tempérés et salubres donneraient des moissons abondantes ou nourriraient des troupeaux florissants si la chasse à l'homme ne poussait souvent vers les pics inaccessibles une population effarouchée et affamée, réduite au *pain de singe* et au *jupon d'herbe* (kilt of grass). Les caravanes n'ont point ici de *hongos* à redouter ; elles ont fait la terreur et le désert sur leur passage. Ces pauvres gens demeurent sourds à tout appel et se hâtent de fuir à la vue de l'étranger. Zungomero entouré de montagnes en amphithéâtre, où la Mjeta traverse un véritable jardin que la peur transforme en halliers, grand bandari ou marché fort achalandé, sera peut-être, le jour où la traite aura été proscrite, le centre d'un riche commerce. Un bel empire indigène, une colonie européenne puissante rencontrerait là son assiette.

Speke avait atteint à cinq mille pieds, le 20 novembre ; malgré sa hâte et ses marches forcées, avec quelle lenteur ! Il entrait, à 6° 31′ de latitude sud dans l'*Ougogo* dont les hauts plateaux continuent sans doute la ceinture du bassin des grands fleuves intertropicaux.

L'Ougogo est un plateau fort élevé, ondulé, d'un aspect sauvage, mais qui paraît uni au sortir de l'Ousagara. Au pied des monts Robeho, qui forment la frontière de l'Ougogo et de l'Ousagara, s'offre aux regards la capitale, Ougogi.

Speke arrive enfin dans l'Ounyamoezi, le *pays de la lune*, riche contrée dont le district florissant de Ounyanyembé occupe le milieu ; dans ce district s'élève Kazeh, le centre et le grand entrepôt du commerce d'esclaves et d'ivoire entre l'intérieur et la côte. Kazeh est le rendez-vous de toutes les caravanes qui sillonnent cette partie de l'Afrique centrale. Avant Burton, les Portugais prononçaient *Mono Moezi* le nom d'Ounyamoezi ; les savants rappelaient, en raison de l'étymologie, les *monts de la lune* de Ptolémée. Ce pays, qui s'étend à l'est du Nyanza jusqu'à 1°30′ de latitude nord, aujourd'hui démembré entre les chefs noirs, formait jadis un empire, et les marchands hindous rencontraient déjà sur le littoral, vers le commencement de l'ère chrétienne, les indigènes de Ounyamoezi, que l'amour du commerce y poussait « loin des montagnes de la lune », disent les écrits hindous, comme les flottes grecques et égyptiennes y rencontraient déjà les Arabes exploitant l'intérieur par leurs caravanes.

L'Ounyamoezi est fertile. Grant en admire la flore et la faune. Les pentes boisées, les pâturages, les cultures, des plaines abondantes en palmiers pain d'épices, des bois aux essences variées, des vallées onduleuses et arrosées s'y succèdent ; c'est une région agricole et pastorale ; les Arabes y font avec succès de la culture en grand et ils ont de vastes étables où se pressent des troupeaux de trois cents têtes. Au surplus la population se concentre. La hutte a ses architectes. Il y a une industrie indigène. Ils ont du fer, le premier des métaux, celui qui civilise. Ils battent le sorgho avec des instruments ingénieux, forgent avec un soufflet assez primitif ; de plantes brûlées ils extraient un sel noirâtre. Ils n'abandonnent pas aux femmes le soin de moudre le grain, trait exceptionnel en Afrique.

Les marchands arabes se conduisent en potentats dans ce

pays. Leurs situation est précaire parce qu'ils sont divisés. Unis sous un chef électif, ils domineraient peuples et sultans noirs. Ils lèvent de petites armées fort nécessaires du reste, car leur avidité soulève parfois contre eux de véritables guerres. Lorsque Speke arriva à Kazeh, les Arabes craignaient que la ville ne fût prise d'assaut par les noirs et pillée. Speke avait besoin de recrues. Il lui restait quatre Hottentots trop malades pour pousser plus loin que Kazeh ; sur les cent un pagazi de Zanzibar, quatre-vingt-dix-huit ont déserté, sur les trente-six portefaix, vingt-cinq. Ils ont volé plus de la moitié des marchandises. La famine a fort entamé le budget du voyage. Speke a payé le blé au prix de disette. Grant a pris une grosse fièvre qui ne le quittera plus guère. Speke cède enfin à l'excès des adversités et tombe dans un profond abattement.

Mais il ne tarde pas à se relever. Il consulte nègres et arabes, dresse un itinéraire incertain au milieu de régions que l'obscurité enveloppe et où il va le premier poser le pied.

VII

Speke explore au Karagoueh la région des monts de la Lune et des marais du Nil.— Un visiteur importun. — Pauvreté du vocabulaire géographique chez les nègres. — Les récits de voyages de Malaka. — La vallée de Lohougati. — Souvenir des jours heureux. — Le Karagoueh. — Le Mfombiro et les montagnes de la Lune.— Le bassin du Nil. — Les marais du Nil. Le Rousizi. — Desiderata de l'expédition. — La Kitangoulé. Le Baringo. — L'été au Karagoueh. — De la monarchie tempérée du Karagoueh.

L'Ouzinza entre 3° 30′ et 2° 50′ de latitude sud, qui menait Speke au Karagoueh, faillit être le tombeau du vaillant explorateur. D'abord le chef Malaka l'écorcha vif. « Bon ! disait le guide, ce sera toujours comme cela : autres pays, mêmes mœurs ! » Malaka ne se contentait pas d'écorcher Speke; il lui rendait visite, s'asseyait sur un fauteuil, mettait sa veste, plongeait ses pieds dans ses pantoufles. Hélas ! Malaka avait fait sa toilette et s'était enduit le corps d'une couche épaisse de beurre rance.

Malaka veut tout voir. Ses doigts, aussi sales qu'indiscrets et pourvus d'ongles chinois et odorants, se promènent sur les dessins de l'album, tandis qu'il imite les cris des oiseaux qu'il y voit reproduits. Speke au bout de quelques entretiens eût presque em-

brassé, après l'avoir préalablement débarbouillé, son désagréable visiteur : au nord du Nyanza, s'étend l'Ousoga; le pays de Masaï longe le rivage oriental du Nyanza. Malaka avait visité l'Ousoga et le Masaï, et, en passant de l'un à l'autre, il avait traversé un détroit important qui relie le grand Nyanza, dans son angle nord-est, avec un petit Nyanza (le Baringo). Nyanza veut dire eau. Le Nil encore Nyanza; ses affluents, tous Nyanza. C'est cette pauvreté du vocabulaire géographique noir, qui avait empêché Speke, lors de son premier voyage, de déterminer, d'après les seuls renseignements indigènes, le point où le Nil commence, celui où finit le lac. Elle le jetait bien encore dans quelque embarras; mais un avenir prochain allait sans doute éclaircir les récits de voyage de l'importun Malaka.

Speke s'éloigna d'ailleurs de ces pays inhospitaliers, « joyeux comme une alouette. » Ses gens pressaient le pas. Au sortir d'une haute forêt, ils aperçoivent à leurs pieds une vallée largement ondulée, parée d'une luxuriante végétation, semée de frais ombrages constellée d'arbres magnifiques, de gigantesques aloës et de gracieux palmiers, tapissée de bananiers, de papyrus, de chardons arborescents et de plants sauvages d'indigo, un splendide jardin; des bosquets d'acacias couronnent les pentes d'où sortent des rhinocéros blancs et noirs qui barrent le chemin; l'escorte de Speke charge les fusils, tire; la volée lâchée, bêtes et gens se sauvent, chacun de son côté. Au milieu de cette opulente vallée de Lohugati, une rivière transparente et poissonneuse s'élance dans la direction du Nyanza; sur les rives herbeuses paît un bétail magnifique où errent les antilopes bleues et les antilopes nzoe. Par delà, des cônes aux sommets dénudés, aux versants rougeâtres, sillonnés de blanches traînées volcaniques. Par delà encore s'élèvent en amphithéâtre les riches et plantureuses collines du Kishakka et les plateaux pittoresques du Karagouch.

Bientôt, en descendant du Oueranhijie, à cinq mille cinq cents pieds au-dessus du niveau de la mer (latitude sud 1° 42′), les voyageurs aperçoivent, reposant dans un pli de la montagne, un lac charmant qui rappelle à Grant le Windermere du Cumberland, tant chanté par les poëtes de l'école des *Lakistes;* ses eaux s'écoulent par la Kitangoulé dans le Nyanza; près de là, un bouquet d'arbres : c'est le parc du roi de Karagouch. « Ce pays charmant évoquait en moi, dit Speke, le souvenir de bien des

jours heureux que j'ai passés avec les Tartares dans la vallée du Thibet, sur les rives de l'Indus. »

Le Karagoueh, où Speke arrivait le 25 novembre 1861, neuf mois après avoir quitté Kazeh, s'étend du 2° 22′ au 0° 55′ de latitude sud; le 29° de longitude est le coupe par la moitié; il touche à l'est au Nyanza, à l'ouest au massif du Mfoumbiro. C'est à l'ouest du Kishakka, dans le Ruanda, que Speke vit les cônes du Mfoumbiro, dont les dômes étincelaient sous les feux d'un soleil couchant à dix mille pieds d'altitude. Les Arabes lui avaient parlé d'une montagne qui se perd dans les nuages sous une pluie de grêle et de neige. On assurait à Speke que ce mont géant, qui défend les approches du système des montagnes de la Lune, en occupe le point culminant.

Avec quelle joie, le 16 janvier 1862, Speke vit la Kitangoulé, qui semble le canal principal de déversement des petits lacs du versant oriental des montagnes de la Lune (de Ptolémée ou Soma Giri des Indous). Déjà, en 1858, il avait annoncé qu'elle coule à la côte occidentale du Nyanza. A Londres, au mois d'août 1859, il calculait à priori dans le *Blackwood's Ma-gazine* qu'elle devait s'alimenter à 8,000 pieds dans les montagnes de la Lune. Peut-être une masse d'eau supérieure arrive-t-elle au lac des monts de l'est. Mais voilà bien le bassin des sources du Nil. Tandis que le niveau du réservoir central du Nyanza s'abaisse à 3,740 pieds au-dessus de l'océan, le plateau de l'Afrique équatoriale, à l'ouest, se relève à 5,000 ou même 6,000 pieds. Le Mfoumbiro, le Robeho, le Kenia, le Kilimandjaro, ne demeureront pas longtemps sur nos cartes les seuls nœuds de ce bourrelet colossal qui, au nord, s'abaisse en larges degrés de l'Équateur vers la Méditerranée, à l'est, descend vers la plate-bande de l'océan Indien, sans doute par de brusques dépressions dont les prochaines découvertes (que réserve l'exploration du pays des Masaï entre l'Équateur au nord, et l'itinéraire suivi par Speke au sud) nous révèleront l'enchaînement et l'aspect. Les montagnes s'y élèvent à la hauteur des neiges perpétuelles; la région renferme des plaines salées. Que d'inconnues à dégager dans le problème du Nil qui se dessine sous nos yeux, et non sans quelque vague encore !

Dans ces hautes montagnes de la Lune, Speke cherche les sources du Congo, qui se dirige vers l'Atlantique, et celles du Chiré, qui s'élance vers l'océan Indien, aussi bien que celles du

Nil, qui s'avance du cœur de l'Afrique intertropicale vers la Méditerranée. D'accord avec Galton, il fait jaillir de ce système central les eaux qui alimentent le Tanganyika et le Nyassa de Livingstone.

Speke put d'ailleurs constater combien l'expression de Ptolémée[1] est juste ; les nappes d'eau du plateau africain, malgré leur vastitude, sont peu profondes. Les terrains plats qui entourent ces immenses mares étaient naguère sous les eaux ; ils se dessèchent. On en dit autant du Tchad, dans le Soudan oriental. Ces lacs, Speke ne les a pas tous vus. Nous connaissons le Nyanza et le Tanganyika. Rien de précis sur le Rousizi, situé à l'ouest du Mfoumbiro, et dont les eaux s'écoulent dans le Tanganyika. Que d'autres flaques, particulièrement dans l'ouest du Karagouch ! A Ourigi, non loin de l'endroit où Speke croyait rencontrer une baie, sur le flanc occidental du Nyanza, il trouve un lac qui tarit. Un vieillard lui a raconté qu'il a vu le temps où on allait à la rame de Khonzè à Vigoura. A Nygambesi, encore un marécage boisé qui portait bateau il y a peu d'années. Le lac Akenyara, que Speke rattache au bassin de la Kitangoulé, fort au delà des monts de la Lune, entre le Rouanda et cet Uoundi où, à son premier voyage, il plaçait ces monts traditionnels, subsiste, mais se rétrécit. Speke visita aussi l'un des tributaires de la Kitangoulé, le Kagera ou Ingezi, qui sépare du Karagouch le Kishakka. Il en vit d'autres, le Louchouro, etc. Il restera à ceux qui marcheront sur ses traces à déterminer le débit de la Kitangoulé, à le rapprocher du débit des autres affluents du Nyanza. Après avoir reçu ces tributs, la Kitangoulé coule, comme une noble rivière, profondément encaissée entre ses rives, large de huit cent soixante-quinze mètres, avec une rapidité qui paraît rivaliser avec celle du Nil au moment où il s'élance du Nyanza.

Speke, qui avait entendu parler du lac Louta-Nzigé (lac des sauterelles mortes), au nord de l'Outoumbi et des monts de la Lune, à l'ouest de l'Ounyoro, qui le borde, sut des indigènes qu'on le traversait en une semaine, tandis qu'il fallait un mois pour traverser le Nyanza. A l'angle sud-est de la frontière de l'Amara, qui est séparé du Nyanza par l'Ouvouma, s'étend le lac Baringo, salé ou semé d'îles à salines. Ce lac peut nous réserver une prochaine surprise. Tout le pays qui s'étend de Mouanza au Baringo serait, au dire des marchands d'ivoire, coupé de collines, de failles, de

[1] Αἱ του Νείλου λίμναι.

ravins. — Et derrière le Baringo? Nul n'y a pénétré encore.

Ce bassin, fécond en lacs et en courants, est alimenté par les pluies intertropicales. Près de Zanzibar, les pluies ne durent pas plus de quarante jours. Aux tropiques, on a la saison sèche et la saison pluvieuse; à l'Équateur, la saison pluvieuse, c'est l'année; les mois sont plus ou moins pluvieux; pas de mois sans pluie. Il pleut surtout aux équinoxes. Speke, sous l'Équateur, en 1862, note deux cent trente-huit jours de pluie; au total, huit mois pleins. Avril, mai, octobre, novembre, sont les mois les plus humides; les moins pluvieux sont les mois de l'hiver européen.

Qu'eussent dit les anciens d'un fils d'Albion si facilement acclimaté au milieu des feux dont ils croyaient la zone torride embrasée! L'altitude du plateau au-dessus du niveau de la mer, la barrière de montagnes qui arrête les vents brûlants des plaines basses, les courants qui sillonnent une terre bien arrosée, fécondée par la chaleur, une végétation puissante et équilibrée que ne peuvent connaître, à cinq degrés au-dessus et au-dessous, les régions condamnées à l'alternance de la saison sèche et de la saison pluvieuse, tous ces priviléges dispensent à l'Afrique équatoriale une température dont Naples envierait la douceur et la salubrité. Speke n'a pas songé à quitter les vêtements de laine et a dormi toutes les nuits entre deux couvertures. De décembre 1861 à avril 1862, lorsque le soleil planait à pic sur le Nyanza, la température ne dépassait pas 29° du thermomètre centigrade et ne descendait la nuit qu'à 18° ou 14°. Les Ouangouanas de la côte, qui suivaient Speke, grelottaient dans le Karagouch, quand le thermomètre marquait 20° à l'ombre, et se croyaient aux frontières de l'Angleterre, le seul pays froid dont ils eussent entendu parler. Quelle perspective inattendue ouverte à la colonisation européenne!

Les habitants de Karagouch ne sont point indignes d'habiter ces régions favorisées où croissent le blé, la canne à sucre, le tabac, les bananes, l'indigo, les tomates, les haricots, les pois, etc. Ils sont beaucoup plus avancés que les peuples que d'Arnaud, Brun-Rollet et Peney rencontraient le long du Nil Blanc. Ils sont intelligents, industrieux, affables, même gais; une bagatelle provoque leurs rires; ils donnent la poignée de main à l'européenne. Ils ont de la propreté, de l'ordre, de l'élégance. La fertilité merveilleuse du sol, la beauté des troupeaux, leur procurent sans efforts l'abondance. Ils travaillent artistement le bois, le fer, ouvragent

avec délicatesse la paille. Les croquis de Speke permettent d'admirer leurs colliers, leurs diadèmes, leurs jambières, leurs bracelets, leurs anneaux, leurs amulettes, leurs armes, l'ornementation de leurs boucliers.

Speke, dans le Karagoueh, n'a plus affaire à une race purement nègre. Sans doute ce sont toujours les traits principaux de l'ordre social noir. Son unité est le village; on ne s'élève point à l'idée de la ville. Le gouvernement est celui des patriarches; les chefs de district, suzerains des chefs des villages, sont absolus, obéis. Toujours un *Conseil des anciens* auprès du roi. La fiscalité se réduit à l'amende; les revenus du chef sont basés sur une dîme en nature de pombé, de gibier, de butin. Le mariage repose, comme dans toute société polygamique, sur l'achat de la femme au père, qui reçoit le douaire et le restitue en entier, si sa fille rompt le mariage, à demi, si le mari la lui rend. Le père de famille vend ses enfants, fait travailler sa femme, danse, boit, rit, craint d'emmagasiner de peur de tenter la convoitise des chefs. L'étranger est admis au prix du hongo. Le monde invisible des esprits gouverne, comme dans un cénacle de spirites, le monde visible; les sorciers ou *mganga*, ministres des esprits, brûlent les hérétiques ou les sorciers marrons, vendent au peuple amulettes et signes mystiques, ainsi qu'une poudre bénite, qui a la vertu de préserver de la foudre, d'arrêter l'ennemi, de faire pousser les récoltes. Comme les confesseurs de l'Escurial et de Versailles, ils siégent au conseil secret des princes; ils se montrent, en général, hostiles à l'introduction des étrangers. — La personne humaine est aisément sacrifiée; le travail est considéré comme une tâche, et l'oisiveté est un privilége de famille. Mais, pourtant, au Karagoueh et dans les royaumes de l'Ouganda et de l'Oumyoro, où nous allons pénétrer, se fait voir une tendance prononcée à la centralisation, à cette unité qui, en faisant mieux sentir le but de la société, finit toujours par donner à l'organisation des forces humaines sa véritable signification, l'amélioration de notre destinée et la recherche du progrès.

VIII

Speke explore dans l'Ouganda le rivage occidental du Nyanza. — La monarchie absolue dans l'Ouganda. — La peine de mort proscrite au Karagoueh. — Les Wouahouma. — L'Ouddou. — Speke revoit le Nyanza. — Beauté et richesse de l'Ouganoa. — Vallée de la Katonga. — La Mwerango. — Palais du roi Mtesa. — Présentation à la cour. — Splendeurs royales. — Les N'yanzig. — Maximes monarchiques. — Comment on essaye une carabine Whitworth. — Le roi s'habille à l'anglaise. — La crique Murchison. — Visite au génie du lac. — Obstacles et déceptions. — Le Nyanza et le Tchad. — Arrivée de Grant. — Départ de l'Ouganda.

Les excès de cette tendance civilisatrice, qui a abouti dans l'Ouganda au despotisme le plus rigoureux, sont répudiés au Karagoueh, qui semble avoir moins de confiance dans l'emploi de la peur comme moyen de gouvernement. La peine de mort est proscrite dans ses États; le soldat fugitif n'est point égorgé; le meurtre lui-même n'est pas puni par le meurtre; la loi n'édicte que des amendes proportionnées au crime, telles que le *wehrgeld* des Germains. Les peuples du Karagoueh estiment trop leur race pour en prodiguer le sang. C'est pour la même raison que, tout en ayant parfois un harem nègre, ils ne souffrent point que leurs filles se marient hors de la tribu.

Cette race de vainqueurs volontiers s'adonne au bétail, laissant les nègres à la glèbe. Ce visage ovale, ce nez courbé, ces yeux ouverts, ce front noble, ne ressemblent plus aux cheveux crépus, au nez plat, aux lèvres proéminentes du nègre et rappellent l'Abyssinie. Les cheveux, il est vrai, ne sont plus lisses. La tradition dit que les ancêtres étaient moitié blancs, moitié noirs, lisses d'un côté, de l'autre frisés. Une colonie abyssine, cherchant de gras pâturages, à la suite d'une génisse, comme les antiques colons du pays des vaches (Béotie), auraient traversé le Nil. Elle aurait régné sur l'Ounyoro, l'Ouganda, le Karagoueh, réunis dans l'empire de Kittara. Les monarchies fortes qui s'en sont formées, en le démembrant, sont demeurées maîtresses de cette partie du plateau de l'Afrique; les envahisseurs se sont peu à peu mélangés avec les autochthones, et ils se nomment aujourd'hui les Wouahouma. Abyssins, Gallas, Wouahoumas seraient frères. Cette thèse, que développe Speke dans son *History of the Wahuma* (chapitre IX), intéressait vivement le roi de Karagoueh.

C'est en s'appuyant sur l'origine fraternelle des trois États que

Speke prétendait s'ouvrir après le Karagoueh, l'Ouganda et l'Ounyoro. Il quitte le Karagoueh « parfaitement convaincu qu'avant longtemps il réglerait à toujours le grand problème du Nil. »

A Kisouéré, il entrevoit, derrière les montagnes, l'Ounyoro ; il y lance un ambassadeur. Il est bientôt à la frontière de l'Ouddou, pays récemment annexé à l'Ouganda et encore frémissant du tumulte de la guerre. Le 28 janvier, il arrive à Mashondé ; il lui est donné d'avoir, du haut d'une colline, pour la première fois, le spectacle de ce grand Nyanza dont il avait été, en 1859, le Christophe Colomb.

La contrée que traversait Speke était marécageuse ; il pataugeait, les bas et les souliers à la main ; ses compagnons tremblaient la fièvre. Tout ce pays a été sous les eaux. Ces versants ombreux, ces jolis vallons, ce sont les eaux qui les ont arrondis, creusés. Ce ne sont plus, comme dans l'Ousui et le Karagoueh, des argiles sablonneuses, bleues ou alternant de couleur, mélangées quand le terrain était bas, redressées par des *dykes* de quartz pur, roidies comme de blanches murailles, semées de traînées qui dénotent des volcans encore récents ; formations aqueuses, formations volcaniques, sont ici nettement tranchées. En somme, de Mashondé à la vallée de la Katonga, Speke avait été frappé de la beauté du pays qui domine le lac. Ces collines calcaires et herbenses, arrosées par mille ruisseaux qu'alimentent les pluies et qui se perdent ou fuient sous les ombrages ; ces prairies vierges, remplacées par de fréquentes cultures partout où le villageois de l'Ouganda les attaque ; ces deltas où foisonnent des arbres hauts, drus et puissants, analogues à l'arbre gomme bleu de l'Australie, charment le voyageur.

Le 8 février 1862, aux environs de Kitountou, Speke était arrivé sous l'Équateur, presque à l'endroit du lac où le littoral concave de l'ouest et le littoral convexe du nord se rejoignent. Il pouvait contempler à loisir l'Ouganda, le lac se perdant dans un lointain brumeux, les îles Sésé où la flotte royale est à l'ancre. Speke s'engage à gué, au milieu des îlots et des papyrus, dans la vallée marécageuse de la Katonga, qu'on voit à certaines époques de l'année se transformer en un vaste courant.

Les cours d'eau, qui font la fertilité de cet Éden nègre, se multiplient devant lui ; il les passe sur des troncs de palmier ou sur des passerelles fixes de bambous. La Mwerango le frappe, avec son

embouchure fangeuse et cachée sous un fouillis de roseaux, dans une largeur de 274 mètres. Les eaux s'écoulent visiblement dans une direction différente. Speke tient avec les gens du pays un conseil géographique. Plus de doute, la Mwerango sort du lac, se dirige vers le nord, et Speke *va redescendre du plateau central de l'Afrique vers la Méditerranée et l'Europe*. Elle entre dans l'Ouuyoro, on le lui assure. « Où débouche-t-elle?—Vers le palais du roi Kamrasi, dans le Nyanza, » lui répond-on. Le Nyanza, c'est-à-dire le Nil. La Mwerango se joindrait au Nil sous le nom de Kafou.

Le 19 février, Speke arrivait au kibouga (au palais) du souverain de l'Ouganda, dans la province de Bandawarogo (0° 21′ latit. nord—30° 20′ longit. sud). Le Louvre du grand roi de l'Ouganda occupe une colline divisée en compartiments et chargée de huttes gigantesques.

Le lendemain, 20 février, Mtesa tenait un grand lever pour recevoir le Bana. Speke s'assied, met son chapeau. Il était en plein soleil. Il ouvre son parasol. Et ces grands enfants de rire naïvement, du rire des dieux d'Homère. Le roi était assis dans l'encadrement formé par un clayonnage sur une plate-forme gazonnée et recouverte de calicot rouge. C'était un dandy d'une tenue irréprochable. Il disposait avec art les plis de sa somptueuse robe de mbougou empesée; il avait au cou un collier plat, au poignet des bracelets choisis avec goût, des anneaux de cuivre et de bronze soigneusement alternés à chaque doigt, à chaque orteil; des chevilles à la moitié du mollet, d'élégantes jambières de verroterie. Il tenait un fin mouchoir d'écorce, correctement plié; sa chevelure était rasée, sauf au sommet où se dressait une crête de coq crépue. Près de lui le blason de l'Ouganda : une lance, un bouclier, un chien, une femme.

Speke était bien impatient de s'entretenir du Nil avec Mtesa; mais il ne savait pas un mot du Kiganga. Toute l'assistance était en génuflexions; les Ouakoungou qui guidaient Speke étaient courbés en deux; les courtisans étaient prosternés, le regard oblique, le front abaissé, tremblant de paraître jeter une œillade aux sultanes, crime capital. Il fallut se réduire à contempler le roi qui lorgnait curieusement l'étranger et discourait avec ses voisins de ses impressions. Tantôt on venait demander à l'Européen de refermer, puis d'ouvrir son parasol, puis aux gardes de se tourner et de se retourner afin qu'on admirât leurs manteaux rouges.

Mtesa demande à un de ses délégués ce qu'on veut de lui. — On a dit au roi du Karagoueh que des Anglais s'étaient montrés dans le Gani et le Kidi. — Mtesa le reconnaît. — Là-dessus les délégués se répandent en génuflexions aussi subites qu'enthousiastes, répétant sur tous les tons *N'yanzig! N'yanzig!* puis tout en nage ils se précipitent dans la poussière en criant toujours *N'yanzig! N'yanzig!* Le N'yanzig est le résumé des principes monarchiques dans l'Ouganda : le sujet est un ver de terre qui rampe aux pieds d'un trône éblouissant.

C'est le régime du bon plaisir. Le roi part-il pour la chasse ; à l'instant même, laissant le dîner commencé, toute cette cour s'élance du même pas. Ordonne-t-il une expédition? A l'heure même, sans dire un adieu, on part. Demande-t-il le Bana? Tout le monde pêle-mêle se précipite comme une meute ou un torrent vers la demeure du Bana. Souvent le roi court lui-même, les talonnant, les bourrant, pressant leurs flancs de sa lance. Ils tombent et se relèvent, ils crient N'yanzig! tout en courant plus fort. Il faudrait le crayon de Doré pour représenter cette bousculade homérique d'un peuple entier cabriolant avec enthousiasme à la voix et à la baguette d'un tyranneau nègre. Qui se plaindrait? C'est le roi en personne qui rend la justice et il la rend sommairement.

Quel prix pouvait avoir la vie humaine pour ce despote enfant? Speke lui fait présent d'une carabine Whitworth. Mtesa la donne à un page pour l'essayer : « Va tuer quelque chose dans l'autre cour. » L'enfant fait une gambade. On entend la détonation. L'enfant reparaît : « As-tu visé juste? dit le monarque. — On ne peut mieux, l'homme est tombé roide. » — Pas un mouvement parmi la gent nyanzigeante. Nul ne s'inquiétait même de savoir à quelle créature humaine ce petit drôle avait ôté la vie.

Il ne fallait pas cependant montrer un grand empressement à s'éloigner. Speke se sentait surveillé. L'espionnage est une des bases du gouvernement de l'Ouganda. Si la cour trouvait dans sa présence une diversion utile aux caprices sanguinaires du maître, le sacerdoce se montrait peu favorable. Il pouvait aisément invoquer, à l'occasion de l'homme blanc, certains règlements qui prescrivent l'immolation d'un homme par jour aux esprits et au plus puissant de tous, à Lubari, pour le bien de l'État et la santé du souverain. Speke put juger des dispositions du sacerdoce. Les bateaux royaux à trente rames, aux corps effilés et à longues proues redressées en

cou de cygne, vinrent un matin avec les matelots en habits de feuillage, le prendre à la station navale que Speke appelle le Cowes de l'Ouganda.

On visita des côtes charmantes, des archipels riants; on aborda enfin dans une île occupée par le génie du lac Mgoussa. Mgoussa a son vicaire sur la terre. On entra dans la hutte, décorée d'une rame, qui sert de temple à Mgoussa. Le grand prêtre paraît en costume sacerdotal. Il portait une peau de chèvre blanche, chargée de talismans, s'appuyait sur une rame. Il simulait la démarche traînante, l'aspect sévère, la voix cassée, la lèvre tremblottante, le regard incertain d'un vieillard. Il toussa longtemps. L'assistance gardait une attitude pieuse. Sa femme parut. Elle jouait aussi les allures d'une femme d'un grand âge Elle toussa à son tour. D'un pas boiteux, en geignant, elle repartit comme elle était venue. On gardait toujours le silence. Le vieillard se leva enfin, fit un signe impérieux; les grands officiers de la couronne forment un cercle autour de lui; il parla bas; il révélait les ordres du génie du lac. Puis il s'éloigna avec lenteur. On se rembarqua en silence, on regagna en toute hâte le port. Le lac repoussait l'Européen.

Speke, en 1860, n'avait pas voulu reprendre la route qui l'avait mené par Mininga, l'Oumanda, l'Ouhindi à Mouanza; il en avait voulu ouvrir une nouvelle à travers l'Ouganda, et il ne pourrait explorer le Nyanza! Si le lac reçoit d'importants affluents à l'est, il ne pourra le constater, le reconnaître! Les excursions qu'il obtient à grand'peine de Mtesa ne s'éloignent pas du rivage de l'Ouganda, se voient repoussées des îles par le génie du lac et se passent en régates ridicules où les marins de Mtesa rivalisent de maladresse à l'orgueilleux ébahissement de cet odieux roitelet. Ne pas épuiser son itinéraire quand il s'est déjà imposé le sacrifice de ne pas étendre le cercle de ses observations au delà de cette ligne rigoureuse! Ainsi il n'a pas eu la joie de gravir les hautes montagnes de ce coin du globe; sa route court dans un sillon presque perpendiculaire à Gondokoro, entre les assises montagneuses, orientales et occidentales, du plateau central africain. Du moins s'il pouvait étudier le fond de cette dépression, que forme le Nyanza lui-même? Speke en fixe le niveau à 3740 pieds au-dessus de l'océan, plus de trois fois l'altitude des lacs alpestres; la longueur du sud au nord a trois degrés, dimension que les indigènes lui donnent en largeur de l'ouest à l'est. Le Tchad n'est

qu'à 250 mètres au-dessus de l'océan et a 225 kilomètres de longueur du nord au sud, sur 125 environ à l'estimation d'Overweg. L'étendue du Nyanza se déploie avec plus de magnificence que le Tchad, et pourtant de longue date le Nyanza a reculé, a perdu du terrain. Les explorations de Denham, Overweg, Barth, nous avaient révélé le même fait du lac Tchad, dont les rivages marécageux s'abaissent graduellement comme ceux du Nyanza. Les indigènes du Nyanza pourraient, comme ceux du Tchad, désigner ces rivages changeants sous le nom de l'Eau noire et le lac sous le nom de l'Eau blanche. Les rives sont découpées de déchirures par lesquelles s'écoulent les eaux des marécages tapissés sur un fond vaseux d'un réseau de joncs et de plantes aquatiques. « Naguère, dit avec quelque mélancolie Speke, le courant était plus fourni qu'aujourd'hui, la largeur du lit était double. Les monts de la Lune s'usent, s'abaissent, l'Afrique aussi s'abaisse. »

Cette exploration du lac qui était interdite à Speke, Grant la faisait sans doute. Speke l'attendait par eau : puis, à grand'peine, il obtenait la permission d'envoyer vers Petherick deux messagers ; plus heureux que lui, ils suivraient le cours du Nil. Il les revit bientôt ; les tribus du nord leur barraient le chemin. Pour surcroît, l'amiral de l'Ouganda ne tarda pas à lui déclarer qu'on ne souffrirait pas que Grant pénétrât dans l'Ouganda par le Nyanza. Un jour que Speke s'entretenait avec Mtesa, de lointaines détonations frappent son oreille. Il se lève, prend congé de Sa Majesté, court au-devant de son frère d'armes qui arrivait en boitant et qu'il serra entre ses bras.

Les deux amis assiégeaient de leurs vœux Mtesa. Mtesa accueillait en silence la requête de les laisser naviguer sur le Nyanza ou remonter le Nil jusqu'au Gani ; il feuilletait sans répondre l'album de Grant, où il se retrouvait avec un sourire, ses gardes se disputant, à la façon des hôtes du Muséum, leur ration de viande fraîche, ou bien il demandait qu'on fît son portrait, qu'on dessinât à l'aquarelle les oiseaux qu'il tuait. Ce n'est pas qu'il fût au fond indifférent à l'ouverture d'une route commerciale entre le Gani et l'Ounyoro, route qui devait remplacer celle de l'Ounyamoezi. Speke assurait que les vaisseaux de Petherick remonteraient avec leurs richesses le Nyanza jusqu'à la capitale ! « Vous m'enverrez de l'eau-de-vie, » disait Mtesa. Enfin, grâce à l'intervention amicale du roi du Karagoueh et après de longues négociations, Mtesa

passa en revue la troupe de Speke et on s'inclina la main sur le cœur pour s'adresser les derniers adieux.

IX

Speke suit et perd trois fois le Nil du Nyanza a Gondokoro. — Le Louajerri. — Ourondogani. — Le réservoir du Nil. — Isamba. — Les chutes du Nil. — Le Nil est barré à Speke. — Ce que Speke a fait en réalité. — Perplexité. — L'Ounyoro et les Ouanyoro.— Chagouzi.— Kamrasi.— Un éclaireur à la découverte.— Audience de congé.— Un remède contre les révolutions. — Confluent de la Kafou et du Nil. — Pente du fleuve. — Le Chopi. — Le Kidi. — Races du sud et races du nord. — Les chutes de Karouma. — Itinéraire abrégé. — Un traitant d'ivoire. — Grave problème. — Apouddo, le tamarinier de Miani. — Les rapides du Nil. — Vingt ans après. — Speke retrouve le Nil pour la troisième fois. — Gondokoro; sa position fixée. — Une rencontre. — Le désappointement de Samuel Baker. — La muse de la géographie héroïque. — Petherick est retrouvé. — Émotion de l'Angleterre. — Speke à Londres.

Le 7 juillet, Speke reprenait la route du nord. Grant souffrait de la jambe, on se sépara. Grant descendrait vers le nord-ouest et attendrait, à la résidence de Kamrasi, Speke qui, inclinant à l'est, remonterait le Nil jusqu'au Nyanza.

Le 19 juillet, Speke mettait quatre heures à traverser, sous un tourbillon de moustiques dévorants, en partie à gué, en partie en bateau, les noirs s'attachant à la queue des vaches qui nageaient autour de lui, un fleuve marécageux d'une lieue de large : c'est le Louajerri, à vingt lieues du Nyanza, d'où il sort. Ce bras, plus large que la Katonga, rejoint droit au nord le Nil ; il forme un triangle équilatéral avec le lac et le fleuve.

Enfin, le 21 juillet, à Ourondogani, Speke contemplait *pour la première fois le Nil Blanc*, un magnifique courant de 7 à 800 mètres de large, bouillonnant autour des récifs et des îlots. Il retrouvait avec une profonde émotion sous l'Équateur (0° 52′ latitude nord) « ces eaux sacrées qui avaient bercé le premier fondateur de nos croyances religieuses. »

Mais il voulait les voir s'élancer du sein du Nyanza. Il demande les bateaux promis par l'amiral. On les refuse. Il côtoiera donc à pied le fleuve. Il aperçoit sur l'autre rive le pays d'Ousoga. Les détonations du fusil, inconnues à ces solitudes, annoncent aux bêtes sauvages, reines des jungles, l'avénement d'une force nouvelle et le règne de l'homme.

Le 24 juillet, Speke atteignait les *rapides* d'Isamba, où le Nil

glisse et se dérobe aux regards, encaissé sous les rebords moelleux et touffus d'un épais tapis d'herbages fleuris, avec un ciel de rideaux d'acacias qui brisent et tamisent, en les imprégnant des plus suaves parfums, les clartés étincelantes du soleil équatorial. Ce dais de verdure légère descend en voiles dépliées et en lianes flottantes de convolvulus qui suspendent, comme des festons, au-dessus des eaux bleuissantes, leurs guirlandes de lilas. « C'était plus féerique, plus sauvage, plus romantique, dit Speke, que tout ce que j'ai pu voir jamais ailleurs qu'au théâtre. »

Le 28 juillet 1862, Speke atteignait le terme et le but de son expédition. Bien qu'épuisés de fatigue, tous les siens couraient aux *Pierres* pour voir le vieux père Nil (old father Nile) sortir du Nyanza. On était à 3,700 pieds au-dessus de l'océan. Les chutes s'étendaient sur 500 pieds de largeur ; des blocs de rochers les coupent çà et là ; les eaux tumultueuses bondissent en écumant d'une hauteur de 12 pieds. Le fleuve se rétrécit avec une ardente agitation, devant les chutes sur lesquelles il se précipite au sortir du lac, en traversant, comme un vestibule allongé, une baie étendue et bouillonnante. La vapeur monte, reflétant le soleil et encadrant les sources du Nil dans un magique arc-en-ciel.

« O Athéniens, disait Alexandre dans les roches scythiques, j'ai bravé bien des dangers, subi bien des fatigues pour voir mon nom courir sur vos lèvres ! » Là, si près de la tête du grand fleuve, mesurant dans sa pensée les 34 degrés que franchit son cours immense, c'est-à-dire la onzième partie du globe, Speke songea à Londres qui l'avait envoyé, à Paris qui, en couronnant la découverte du Nyanza, avait couronné d'avance la découverte du Nil ; il donna aux chutes le nom du président de la Société de Londres, Ripon, au canal qui les précède celui de Napoléon, comme il avait donné au lac celui de Victoria. Mais à sa joie se mêlait un regret amer. Que de mois sacrifiés avant d'atteindre Kazeh ! Que de délais infructueux avant d'arriver au Karagoueh ! Que de temps perdu à la cour de l'Ouganda !

Les ordres royaux permettaient de montrer à Speke les *Pierres;* rien de plus. Ne pouvant faire une excursion ni sur le lac ni sur le rivage, il revint à Ourondogani.

Speke pouvait, avec la permission de Mtesa, prendre la route de l'Ounyoro. Il s'embarque sur le Nil dans de mauvais canots calfatés avec des lambeaux de *mbougou*. Au sortir de l'Ouganda, il

se voit enveloppé par des canots, menacé. Combattre, c'était se fermer la route du fleuve. Il voulait passer outre sans répondre. Mais le passage était barré par les Ouanyoros. Sa carabine dispersa les canots. Triste victoire! il fallait virer de bord, rentrer dans l'Ouganda, reprendre par la voie de terre le chemin de l'Ounyoro. Il venait de repasser le Louajerri, lorsqu'à sa grande surprise il rencontre Grant, qui à son tour rebroussait chemin. Le *Père des rois*, c'était le titre officiel de l'Agamemnon noir, interdisait en bon prince aux deux explorateurs, que la rumeur accusait d'anthropophagie, l'entrée de ses États.

Speke ne se dirigeait pas d'ailleurs vers sa capitale sans retourner la tête en arrière : il n'avait exploré que la rive occidentale du lac. Encore le Kitangoulé verse-t-il dans le Nyanza (Victoria) un volume d'eau aussi considérable que celui qui en sort au canal Napoléon, aux cataractes Ripon ; et pourtant Speke n'hésite pas à penser que le Kitangoulé n'est pas une branche mère. L'ambassade qu'il venait d'envoyer à Mtesa n'avait pas franchi moins de douze cours d'eau, en général importants, entre autres le Louajerri. Ce dernier déversoir du lac se forme-t-il de plusieurs exutoires? Les branches de ce delta demandent à être comparées de près. Cette rivière Asoua, qui sort au nord-est du Victoria (peut-être à l'issue septentrionale du Baringo, si le capitaine est bien informé), il eût fallu la suivre pour juger de son importance. Speke l'estime d'après des récits indigènes. Faut-il croire les Arabes qui, pendant un interrègne récent, auraient pénétré dans l'Ousoga, en passant le détroit qui réunit le Baringo et le Nyanza, et qui n'y auraient rencontré aucun courant entre l'Asua et le Nil Blanc? Et si la rive occidentale que Speke a explorée présente tant et de si graves problèmes, combien d'autres offre sans doute cette rive orientale dont il ne rapporte qu'une carte hypothétique, dressée d'après les indications trop souvent convaincues de mensonges intéressés des traitants arabes! Des lacs salés (ou renfermant des îles à sel), des plaines salées, des hauteurs comme dans l'Ounyamoezi, voilà tout ce que ces marchands signalent entre le lac et les pentes occidentales de la chaîne à laquelle appartiennent le Kenia et le Kilimandjaro; aucun cours d'eau ; çà et là, de misérables ruisseaux. Mais Krapf a entendu parler d'une rivière qui coule entre le Kenia et le Nil. Cette rivière, est-ce le fleuve Baringo de Krapf ou bien le lac Baringo qu'on a indiqué à Speke?

Si le versant oriental de la chaîne qui possède le Kenia et le Kilimanjaro donne naissance, dans l'Oukambani et le pays des Ouanika, en s'abaissant vers l'océan Indien, à plusieurs cours d'eau, tels que le Dana et le Maro, le Tiva et l'Adi, l'Ozy, le Loufou et le Pangani, comment ne pas supposer que le versant occidental, placé dans les mêmes conditions climatériques, envoie vers le grand lac quelque rivière?

Speke, en plaçant les sources du Nil aux chutes de Ripon, ne place-t-il pas les sources du Rhône à Genève? Que le Nyanza soit le *Grand réservoir* du Nil, comme le prévoyait Ptolémée, comme Speke le prophétisait en 1858, comme il l'a démontré en 1862, qui désormais en doute, grâce à son immortelle exploration? Oui, le Nil Blanc (Bahr-el-Abyad) est la branche mère du Nil, ainsi que le prétendait la tradition, et le Nyanza est le réservoir du Nil Blanc. Mais où est la branche mère de ce réservoir? Sans doute au point culminant de ces Alpes de l'Afrique équatoriale dont Krapf et de Decken ont commencé l'exploration, à l'est du Nyanza, et que Speke a entrevues, à l'ouest, dans ce massif d'où s'échappent la Binoué, le Chiré, le Zambezi, aussi bien que le Nil — comme le Tessin, l'Inn, le Rhin et le Rhône s'épanchent de nos Alpes européennes.

Qu'a donc fait Speke s'il ne peut assurer qu'il a mis la main sur la source initiale du vieux père Nil? Vivien de Saint-Martin[1] l'a dit spirituellement : *Il a brisé le charme*. Ce nœud central et élevé du système hydrographique de l'Afrique, d'où ses grands fleuves rayonnent sur trois océans, était une terre enchantée ; les approches en étaient fermées ; nul n'avait pu les franchir. — Eh bien! Speke a ouvert la route et les explorateurs s'y précipiteront derrière lui et sur ses traces.

A cette hauteur de fortune, Speke avait un sentiment de bonheur infini et un vertige d'inexprimable crainte. Reverrait-il l'Europe, l'Angleterre, ou allait-il, avec son vaillant compagnon, périr sur les bords du Nyanza avec cette révélation qu'il emporterait avec lui? Avec de tels devoirs envers la science, on dépouille toute faiblesse, toute hésitation, toute infirmité, la débilité du corps, les

[1] Dont l'opinion se rapporte en un certain sens à celle d'Arago, « qu'il ne faut pas considérer telle ou telle localité circonscrite comme la source tant cherchée du Nil, » mais la région d'origine tout entière. (*Œuv. compl.* t. IX, p. 383.)

troubles du cœur. Speke et Grant résolurent héroïquement de s'ouvrir un chemin à travers le pays des Masaï jusqu'au Zanguebar.

Ils s'y disposaient, lorsque une ambassade de Kamrasi vint, par une péripétie heureuse et inattendue, leur ouvrir l'Ounyoro.

L'Ounyoro, avec son sol plat, coupé de quelques monticules, ses paysages monotones, sa végétation rabougrie, ses villages rares, ses cases basses et malpropres, non plus que ses habitants, n'intéressait guère Speke. Les Ouanyoros se rattachent aux peuples de l'Ouganda et du Karagoueh par une langue congénère et par le sang Mhouma, plus ou moins altéré, comme chez les Ouahouma de l'Ouganda, par des croisements avec les indigènes. Les Ouanyoros sont plus grossiers et plus lâches que les Ouaganda; ils vont nus; l'agriculture et le bétail sont négligés. Le roi Kamrasi tient pourtant les clefs du Nyanza. Son territoire, qui forme le fond de l'ancien royaume de Kittara, enveloppe la frontière occidentale et la frontière septentrionale de l'Ouganda; il confine au Karagoueh au S. E. et à l'Outumbi au S.O.; le Louta-Nzige paraît s'étendre sur la frontière occidentale, du N. E. au S. O., dans une étendue de 300 kilomètres sur une largeur de 80 kilomètres, à l'estime de Speke. Ce Louta-Nzige baigne peut-être les dernières pentes des montagnes de la Lune, au nord, et, à ce titre, il appelle une exploration qui lui donnera, sans doute, à côté du grand réservoir du Nyanza, une place importante dans l'hydrographie du Nil. Speke ne lui assigne encore qu'une fonction de régulateur; le Nzigé recevrait le trop-plein de la saison pluvieuse pour le rendre au Nil dans la saison sèche. La frontière orientale de l'Ounyoro serait marqué par le Nil, si le Kidi, dépendance, il est vrai, fort insoumise de l'Ounyoro, ne s'étendait sur la rive droite. Le Madi, au-dessus du Kidi et du Nzigé, relève encore de l'Ounyoro, qui plonge jusqu'au 1° lat. S. et monte jusqu'au 3° 30′ lat. N. C'est au sommet du delta du Nyanza, à l'embouchure du Nil Blanc et du Mwerango, appelé Kafou par les Ouanyoros, que, le 8 septembre, Speke rencontra au milieu d'herbages arborescents la capitale de Kamrazi, Chagouzi; les roseaux s'élevaient comme des murailles le long de la route et dépassaient la tête des voyageurs.

Un parti puissant, à la cour, où jamais blanc n'avait pénétré, accusait hautement le roi d'exposer l'État au plus grand péril en protégeant ces magiciens blancs. Kamrasi, un peu effrayé, son-

geait tantôt à les emmener dans une expédition contre le Kidi, tantôt à les retenir. « Le Karagouch nous est ouvert, lui disait Speke; les Ouanyaberri, à Gondokoro, ferment la route aux blancs vers l'Unyoro; le roi ne vent-il point l'ouvrir et échanger son ivoire contre nos marchandises? » Kamrasi, en vieux politique, demeurait impénétrable.

L'exploration du Nil, de Ourondogani à Chagouzi, la reconnaissance du Nzygé, à quarante lieues de là, tentait fort Speke; on lui donnait un sel très-blanc qui provenait du Nzigé; autour du lac on plaçait l'Onganga, l'Oulagga, le Namachi et, non loin de là, des cannibales, qui remplacent, disait-on, dans leur soupe le beurre par la graisse humaine. Toutes les requêtes de Speke étaient rejetées. Kamrasi, personnage fort égoïste, cruel, défiant, soupçonneux, crédule à la sorcellerie, dont la principale affaire était d'engraisser ses femmes jusqu'à ce qu'elles ne pussent demeurer debout, les tenait dans ses royales griffes. Il jouait avec eux, en extorquait chaque jour de nouveaux présents; ce jeu lui plaisait. Speke tomba dans une profonde mélancolie en se voyant retenu dans une captivité malsaine, qu'un instant pouvait rendre mortelle, si près du terme de son voyage!

Soudain, il y a dans la vie de ces dénouments tout simples aux crises les plus lugubres; un éclaireur, envoyé au-devant de Petherick, revint triomphant en caleçon et en veste de coton battant neuf. Il avait rencontré deux cents Turcs qui l'avaient habillé de frais et lui avaient montré sur un arbre le nom de Petherik; ils attendaient Speke pour l'escorter jusqu'à Gondokoro. Speke veut partir à l'instant. Le Bana est trop pressé, répond Kamrasi. Mais au fond il voulait ouvrir une voie au commerce lucratif de l'ivoire! Speke obtint à bon prix l'audience de congé.

Au moment du départ, le Bana dut rendre un dernier oracle : « Quelle drogue peut attacher des sujets à leur roi? — La sagesse et l'équité du gouvernement, le respect du droit de chacun, voilà tout ce que je sais en fait de drogues de ce genre, » et Speke engagea le monarque noir à envoyer ses enfants étudier en Angleterre l'art de gouverner.

Le 10 novembre, Speke et Grant descendaient, entre deux murailles de papyrus, à la vue de plusieurs milliers de spectateurs groupés sur les hauteurs voisines, le Kafou, et entraient dans un lac oblong qui s'étend sur une largeur de mille mètres et se res-

serre jusqu'à deux cent cinquante mètres. La rive gauche, hérissée de roseaux, se perd dans les marécages; sur les pentes de la rive droite s'élèvent des arbres enlacés de convolvulus. Des îles de gazon flottent, lentement portées par les eaux. Speke salue le Nil, qu'il avait laissé à Ourondogani. Le fleuve est en pleine inondation.

Le Nil qui, à l'Équateur, dépasse de plus de trois mille pieds le niveau de la mer, se précipite vers le nord sur une pente d'une déclivité assez accusée. Dans le Madi, à Païra, elle a diminué d'un bon tiers. Le Chopi, où Speke trouva l'arbre à papier de verre dont les naturels utilisent la feuille sèche pour polir leurs lances, le conduisit au Kidi, où les habitants portent pour tout costume une perruque bouclée.

Avec l'Ounyoro a fini la parenté des langues de la famille africaine australe. Les interprètes que Speke a amenés de Zanzibar ne comprennent plus les langues des races septentrionales. Nous voici sur les territoires gallas. Ces vaillants et redoutés Gallas, qui valent peut-être mieux que leur réputation, car ce sont les Portugais qui la leur ont faite, jouent sur ce vaste théâtre, depuis le quinzième siècle, un rôle qui ne manque pas de grandeur. On les rencontre du Nil Bleu au Nil Blanc. Barth en retrouvait au lac Tchad et au Ouaday. Speke, en 1854, avait pu les voir, au Sômal. Vivien de Saint-Martin, qui les suit jusqu'au golfe de Bénin, voudrait les reconnaître dans les aborigènes de l'Abyssinie, de la Nubie, du Nil moyen, de l'Atlas et jusqu'au Sénégal, dans les Foulah qui s'intitulent les *blancs africains*

Au bout de dix jours de navigation, Speke atteignait les chutes de Karouma. Des rapides se succèdent sur une pente de dix mètres, entre des roches de syénite. Le principal ressaut a une hauteur de trois mètres. On entendait le bruit lointain d'une nouvelle chute. Une troisième, à quelque distance, était fort considérable, assure Speke ; elle touche au Nzigé.

Ici commence le grand coude que le Nil décrit sur la carte de Speke, vers l'ouest. Les rapides, qui embarrassent le cours du fleuve, rendent la navigation difficile. Les troubles qui désolaient le pays, l'hostilité des riverains, le désir de marcher droit à la station de Petherick, la certitude d'avoir dégagé la principale inconnue du problème, ces diverses raisons entraînèrent nos voyageurs loin du détour du Nil.

Mais en perdant de vue le Nil, en coupant droit par la corde de l'arc, quels regrets ne devait pas éprouver Speke! Je ne dis pas qu'il dût prévoir les assertions obstinées de l'infatigable M. Miani, qui imprime à Venise, à Trieste, à Vienne, par permission de l'autorité, que Speke, lorsqu'il quitta le Nyanza, a suivi, non le Nil Blanc, mais le Giëï ou Itiëï jusqu'aux chutes de Karouma, pour rejoindre plus tard, à travers les terres, le fleuve de Gondokoro. La carte fantaisiste de M. Miani ne porte pas avec elle la conviction. Mais Speke lui-même le reconnaît : « C'était bien triste, dit-il, car tout le monde assurait qu'à soixante milles de là était le Nzigé, dont j'avais eu tant de peine à tracer le parcours depuis les monts de la Lune jusqu'à sa jonction avec le Nil. » Or nous allons juger bientôt combien il importait à Speke de voir de ses yeux le Nzigé.

Après six étapes dans un pays inculte et marécageux, Speke traverse une pointe étroite et riante du Gani. Speke entre bientôt dans le Madi; chaque village est fortifié et élit son chef; c'est une sorte de régime fédératif.

Le 3 décembre, à 3° 10′ de latit. N. et 29° 22′ de long. E., vers le coucher du soleil, l'escorte de Speke décharge ses fusils et écoute avec émotion. Soudain une salve lointaine de mousqueterie lui répond. « Notre cœur battait plus vite, raconte Speke, une joie profonde le remplissait; il faut avoir subi un exil longtemps prolongé chez les barbares pour comprendre avec quel saisissement on compte les minutes qui vous rapprochent de la civilisation et de vos vieux amis. »

Bientôt Speke était à Faloro, dans la tente de Mohammed où les femmes du vakil de De Bono leur offraient à genoux le café : « Mais cet arbre où vous avez annoncé à mon envoyé qu'était le nom de Petherick, nous le retrouverons chemin faisant; au surplus, ce n'est pas Petherick qui l'a écrit, mais un autre qui a dit qu'en le voyant vous comprendriez tout. » Le lendemain, Speke était debout, impatient de partir, mais Mohammed s'y refusait effrontément; il n'avait pas achevé sa provision d'ivoire. Il entretenait gentiment d'incessantes guerres de village à village, promettait son appui à l'un et à l'autre parti et c'était un homme de parole; il les pillait tous impartialement. Le 11 janvier, l'excellent négociant était encore à Faloro. Speke, cédant au dégoût, partit seul. Le 13 janvier 1863, il retrouvait le Nil à Païra.

A Karouma le Nil coulait de l'est à l'ouest, à Païra il coulait de l'ouest à l'est. Il aurait fait, d'un point à l'autre, un demi-cercle de 1°23′ de diamètre. C'est le lendemain, à Jaïfi, que le paysage apparut dans toute sa beauté. « C'était évidemment le Nil, avec ses traits caractéristiques, de larges étendues de terres basses, des rapides. » Au-dessus du courant majestueux et violent, à l'ouest, les montagnes imposantes de Koukou, qui surplombent à deux mille pieds de hauteurs les eaux bleues.

Le premier février, Speke voyait le Nil se frayer un passage à travers les roches de Koukou. Ces eaux ont diminué de volume depuis les chutes de Karouma, la couleur même s'est modifiée : Speke l'avoue. Il ne s'en trouble point et le plus léger doute n'est point entré dans son esprit. Recherche-t-il, à défaut de sondages exacts, la profondeur du lit, l'évasement des rives, le creusement du fond? Non. Le Nzigé, qu'il n'a pas vu, serait le déversoir du Nil, qui le traverserait sur une longueur de six à huit lieues; le fleuve confinerait à la rive orientale du lac sans confondre avec lui son lit, ses eaux, son nom, comme si, au lieu de le côtoyer sur un flanc il le franchissait dans toute sa longueur en emplissant de ses flots son thalweg. Qui peut s'empêcher ici de songer à un cours d'eau s'élançant des monts de la Lune, à travers le Nzigé, vers la vallée du Nil Blanc où il se rencontrerait avec le courant sorti du Nyanza? Sur quoi s'appuie donc la thèse de Speke? Sur les dires des indigènes. « Comme tous les ignorants, remarque quelque part le géographe Eyriès, les indigènes sont généralement avides du merveilleux et, lors même qu'ils ne sont pas allés dans un lieu dont on leur parle, ils n'éprouvent aucun embarras pour le décrire. »

Avant d'atteindre l'Asoua, Speke se fit montrer, vers Apuddo, sur la rive droite du Nil, l'arbre mystérieux dont lui avait parlé Mohammed, un tamarinier ; un M et un J se lisaient encore sur l'écorce gonflée par la séve, où Miani les avait tracés en 1860. C'était vers 3° 35′ latitude N. Miani croyait avoir atteint 2e latitude N. Pency et de Bono sont d'accord avec Speke sur cette limitation. C'est à 3°42′ de latitude N. que Speke vit l'Asoua verser dans le Nil ses eaux puisées à l'angle nord-est du Nyanza. Le confluent, important pendant la saison des pluies, est guéable aux basses eaux.

Le Nil décrit, à l'ouest, un nouvel arc, mais beaucoup moins large que le précédent. Speke prit encore par la corde, laissant sur sa

gauche une longue suite de rapides, contre lesquels le Nil se brise en écumant. Est-ce la mine qui fera un jour sauter ces arrêts opposés à la navigation utile, ces barrières jetées à travers le Nil, comme un défi à l'industrie humaine, dès le seuil de l'Égypte? Brun-Rollet a signalé ce grave obstacle à l'ouverture des relations commerciales avec ces contrées. Pendant les deux tiers de l'année la navigation serait impossible; l'inondation elle-même ne porterait que des bateaux. De la frontière de Nubie, Assuan, Ouadi-Ualfa, Hafir, Merawi, Kenenêta, Belad, Hedscher sont de redoutables étapes à franchir. Mais un canal, de Korosko à Berber, en coupant l'énorme coude du Nil, en supprimerait déjà quatre. L'isthme de Suez une fois ouvert aux bateaux à vapeur, un chemin de fer pour remplacer les caravanes, du port de Souakim à Berber ou même à Khartoum, les supprimerait toutes.

De la cour de Mtesa au railway, de Souakim à Berber nous avons fait du chemin. « Une fois sur le sol égyptien, disait en 1846 Rochet d'Héricourt, il me semblait que mon voyage était terminé et que j'étais rentré dans le mouvement et la sécurité de la vie européenne. Il n'y a cependant guère plus d'un demi-siècle du temps des Volney et des Sonnini, c'était une grande aventure de parcourir seulement les bords du Nil; qui sait si, avant une moins longue période, quelque voyageur venu du centre de l'Afrique n'entrera pas à Agobar d'un cœur aussi reposé que moi lorsque je suis arrivé au Caire. » C'est avec une pareille tranquillité d'esprit que Speke entrait chez les Bari dont le nom, deux ans auparavant, semblait marquer les confins extrêmes de la barbarie et de l'inconnu. Quelques jours plus tard, il arrivait à Gondokoro, le futur foyer de la civilisation dans l'Afrique tropicale, après avoir retrouvé la veille le Nil.

On peut comprendre avec quelle joie Speke va s'embarquer sur le fleuve qu'il a contemplé à la chute Ripon et à Ourondogani, et dont à regret il a déserté trois fois les bords pour redescendre à Khartoum. Il veut que sur ces trois points le fleuve, dont il trace le cours, n'ait pas reçu de tributaire considérable, et il ne marque même sur sa carte itinéraire aucun affluent. La science attend impatiemment une exploration qui confirme cette hypothèse.

A Gondokoro du moins, il laisse à la géographie astronomique un résultat définitif. Nos tracés du Nil Blanc s'appuient sur la détermination de la position de Gondokoro. L'incertitude des obser-

vations diverses était telle qu'elle allait à près de trois degrés. Au moment même où M. Cooley parlait, dans l'Athenæum, du 8° de latitude, Speke fixait la latitude à 4°54′ 5″ et la longitude (de Paris) à 29° 25′ 16″ (pour l'Angleterre) à 31° 46′ 9″.

Petherick ! — telle avait été la première question de Speke à Gondokoro. — Ce n'était pas Petherick, c'était Andréa de Bono, le compagnon de Peney dont il avait reçu le dernier soupir, qui avait envoyé le vakil Mohammed à Faloro au devant de Speke. Soudain Speke croit apercevoir Petherick au bord du fleuve. Ce n'était pas encore Petherick. C'était un vieil ami, Samuel Baker avec lequel Speke avait fait naguère de belles chasses dans l'île de Ceylan Baker avait exploré l'Atbarah ; il avait appris la défection de l'escorte de Speke dans l'Ongogo ; il avait résolu de remonter aussitôt le Nil Blanc ; il allait au devant de l'expédition. Il pensait retrouver son ami sur le Nyanza, captif peut-être ; il le délivrerait ou mourrait avec lui. Baker n'était que depuis quelques jours à Gondokoro. « C'est un désappointement, disait-il à Speke. Je comptais vous embrasser sous l'Équateur et vous sauver. »

« N'avez-vous rien laissé derrière vous à faire ? » demandait le brave Baker aux deux capitaines. Il comprit bien vite qu'il fallait se porter au Nzigé. Il se lia avec Mohammed et se lança hardiment sur la route du Louta (lac). « Avant un an nous le reverrons, dit Speke. Si le bras qui reste à étudier n'est pas exploré, j'y retournerai, je ferai moi-même cette besogne. » Baker avait dû, paraît-il, revenir sur ses pas et il s'est rabattu sur l'exploration du Sobat, affluent oriental du Nil Blanc. Il était revenu dans l'Ounyoro, y avait pénétré par le nord. Une lettre de Speke le montrait, il y a deux mois, fort attristé des périls que court le chevaleresque Baker. Le *Times* du 24 octobre dernier renfermait une lettre de Petherick écrite de Khartoum (8 juin) qui annonçait la présence de Baker au Louta Nzigé.

Ce qui toucha aussi vivement le cœur du capitaine, ce fut l'intérêt que lui témoignaient trois dames hollandaises. Les deux filles de l'amiral van Capellen et la fille de l'une d'elles, mademoiselle Alexandrina de Tinné. Ces dames étaient à Gondokoro trois semaines avant l'arrivée de Speke ; la fièvre leur avait fait rebrousser chemin jusqu'à Khartoum. Speke voulut les dissuader de remonter le fleuve. Elles persistèrent à avancer, « afin de satisfaire leur curiosité pour les connaissances géographiques. » Il leur écri-

vit encore pour les supplier de revenir sur leurs pas. Tout fut inutile. Elles ont fini par entraîner sur leur flottille deux savants voyageurs que mademoiselle Alexandrina, cette muse gracieuse et enthousiaste de la géographie héroïque, enflammait de son ardeur généreuse, le docteur Steudner, géologue et botaniste, et M. de Heuglin, vice-consul d'Autriche à Khartoum, visiteur de l'Abyssinie et de la mer Rouge, les deux membres les plus éminents de l'expédition que l'Allemagne envoya, il y a quatre ans, à l'aide d'une souscription, pour retrouver les traces et les manuscrits de l'explorateur du Soudan, Vogel.

« Ne vous alarmez pas, écrivait de son petit steamboat la mère de mademoiselle de Tinné. Nous avons avec nous deux savants, et, pour nous garder, la renommée populaire que c'est la fille du sultan qui passe sur son vaisseau de feu ! » Les voyageurs avaient plus à redouter la fièvre qui défend les approches du Bahr-el-Ghazal, que les indigènes. Madame Tinné mère vient de mourir, et le docteur Steudner a succombé à trente-deux ans, chez les Djours. La dyssenterie mit en péril M. de Heuglin. L'expédition, surprise par l'inondation, dut reculer au milieu d'un déluge insalubre. Au même moment, leur compagnon, Schubert, succombait chez les Niam-Niam.

Speke avait trouvé à Gondokoro la grande médaille que la société de Londres accordait, après la Société de Paris, à la découverte du Nyanza. Y trouverait-il l'insaisissable Petherick ? Un télégramme d'Alexandrie avait annoncé que Petherick avait perdu ses bagages sur le Nil Blanc et avait, peu après, disparu. Après que Speke eut quitté l'Angleterre, Petherick y avait ouvert une souscription de mille livres pour venir en aide à son ami. A l'arrivée de Speke, il commerçait sans remords et sans hâte à soixante dix milles à l'ouest de Gondokoro. Quand il reparut à Gondokoro, c'est lui qui avait besoin de secours, Ceux qui remarqueront le ton amer avec lequel Speke en parle, liront avec curiosité une lettre de Petherick qui a paru dans l'Athénœum (n° 1870)[1].

L'Angleterre n'avait point reçu de nouvelles de Speke depuis le 30 septembre 1861. « Quelle joie, après une si longue et si douloureuse incertitude, nous ressentîmes, dit sir Roderick Murchison, quand arriva un télégramme d'Alexandrie : « *Speke et Grant*

[1] Cf. avec la lettre de Petherick au président de la société de Londres, juin 1860.

sont à Khartoum ! » Et quelle émotion, quand il lut le billet : « *The Nile is settled !* » Cette joie eut un écho dans l'armée anglaise de l'Inde. « Nous désirons que le télégraphe porte notre satisfaction indienne de ce grand exploit, et notre fierté à la pensée que le service indien a dépassé César. »

Le 22 juin, Speke racontait lui-même à Londres son voyage à la Société de géographie, et le lendemain, à l'Institut royal, en présence du prince de Galles. Un auditoire d'élite, qu'il captivait pendant plusieurs heures, l'accueillait en triomphateur. L'adresse de sir Roderick à la Société de Londres avait, en nobles termes, préparé à Speke cette bienvenue flatteuse. Sir Roderick célébrait la gloire de l'explorateur du Nil, et dans son enthousiasme patriotique, qui ne saurait désarmer pourtant les méthodes rigoureuses de la critique, dépassait le langage, aussi prudent que modeste, du capitaine : « Je n'ai pu suivre le Nil de la tête aux pieds ; je l'ai touché quand je l'ai pu ; j'enseigne à autrui ce que je sais ; au delà je communique ce que je crois être vrai. »

L'Italie a donné à Speke une belle devise : *Honor a Nilo !* Lord Holland parlait le langage de la postérité lorsqu'il écrivait ces paroles que Speke lut avec émotion au fond de l'Inde, dans une caserne : « L'homme qui fera cette découverte perpétuera à toujours son nom dans l'avenir ! »

X

L'Afrique connue. — Humboldt à Ritter. — Grands projets d'Alexandre. — Néarque. — Expéditions des Phéniciens. — Hannon. — Un découvreur moderne dans l'antiquité, Eudoxe. — L'Afrique fermée par ses côtes, pénétrable par ses rivières. — La colonisation portugaise rayée de l'histoire. — Le dix-neuvième siècle renverse la barrière. — Essaim d'explorateurs. — La configuration de l'Afrique centrale devinée par sir Roderick Murchison. — L'équateur, zone pluvieuse. — L'ouest de la région équatoriale inconnu. — Mort de Speke. — Richesses de l'Afrique centrale. — Libération de l'esclave par le travail et le commerce. — Libéria. — Ce que l'Afrique réserve à l'Europe ; ce que l'Europe apporte à l'Afrique.

« Si, dans une longue carrière, écrivait Humboldt à Ritter, celui qui vieillit est sujet à bien des désagréments, il peut se dédommager par la jouissance intellectuelle qu'il éprouve en comparant l'état actuel des sciences avec ce qu'il était autrefois, en voyant, pour ainsi dire, sous ses yeux de grandes choses naître et se développer là où depuis longtemps tout avait sommeillé... » Et le phi-

losophe, revenant à l'objet habituel de ses entretiens avec le plus grand géographe de notre siècle : « La configuration et la physionomie générale d'un continent dépendent de quelques traits en relief qu'*on arrive ordinairement à dévoiler les derniers.* »

Que de temps la science a mis à arracher lambeau à lambeau le voile sous lequel l'Afrique se dérobait à nos yeux ! Dans son bel ouvrage, *le Nord de l'Afrique dans l'antiquité*, M. Vivien de Saint-Martin a constaté que la géographie de l'Afrique n'a jamais franchi le Grand Désert et n'a point atteint le Soudan.

Alexandre, qui incarne la grandeur du génie grec, voulut ouvrir ce monde fermé. Tandis qu'il envoyait Héraclides explorer les routes de l'ancien Orient, il lançait Hiéron sur les côtes inconnues où Speke a pris la piste du Nil. C'est qu'il voulait faire le tour de l'Afrique, la civiliser, revenir dans la Méditerranée par les colonnes d'Hercule, puis, par l'Euxin et le Danube, porter le flambeau des arts grecs dans les mystérieuses et sauvages forêts de l'Europe centrale. « Vous êtes tous de ma famille, » disait-il aux députés venus de tous les points de l'univers à ses belles fêtes cosmopolites. Ce Néarque, qui avait, pour lui, navigué de l'Indus à l'Euphrate, et qu'il avait accueilli au retour en le couvrant de couronnes et de fleurs, il voulait lui confier la circumnavigation de l'Arabie et de l'Afrique. C'est au milieu des fêtes d'adieu qu'il donnait à sa flotte qu'il mourut de la fièvre, s'entretenant encore sur son lit de mort de ce grand projet avec Néarque et ses marins.

On connaît le récit d'Hérodote sur une expédition analogue rêvée, deux siècles avant Alexandre, par les Phéniciens. Ils seraient partis par la mer Rouge et seraient revenus par les colonnes d'Hercule. Les marins racontaient qu'ils avaient eu le soleil à leur droite, circonstance qui ne paraît pas croyable à Hérodote, toute naturelle qu'elle soit pour la science moderne[1]. A Carthage, on eût pu parler à Hérodote de l'aventurier perse Sataspes, qui avait poussé jusqu'aux Canaries et y fut arrêté par les herbes flottantes. C'est de Carthage aussi que partit l'audacieux Hannon (vers le temps d'Alexandre). Il s'arrêta, les vivres lui manquant, vers le cap Bojador, et revint suspendre dans le temple d'Astarté, comme le faisait hier M. du Chaillu au British Museum, trois peaux de femmes velues ou gorilles.

C'est peut-être sur le dernier vœu d'Alexandre qu'un de ses

[1] Voyez *Robiou, Rev. archéol.* Mars 1861.

lieutenants envoya Évhémère vers le cap des Aromates (Gardafui); Évhémère y rencontra une colonie qu'Alexandre y avait déjà installée. Les explorations des lieutenants égyptiens d'Alexandre, les Ptolémées, ne dépassèrent pas ce terme des Aromates.

Mais, plus que la relation d'Évhémère, il faut déplorer la perte des journaux du vaillant Eudoxe. Eudoxe rêva des sources du Nil et du périple de l'Afrique. J'en crois le généreux voyageur Posidonius plus que le sceptique Strabon sur ce héros qui deux fois essaya d'ouvrir au commerce et à la navigation les mers de l'Afrique orientale, deux fois les mers de l'Afrique occidentale; qui osa abandonner la côte, que suivait Hannon. « Cet Eudoxe était enthousiaste de découvertes géographiques, dit Strabon. Il annonçait hautement ses projets, accueillait qui s'offrait, recevait des souscriptions. » Curieux d'acclimatation, adoré des peuples qu'il découvrait, « parce qu'il leur distribuait des semences qu'ils ne connaissaient point ; » emmenant sur sa galère, des artistes, des musiciens, des philosophes, des naturalistes, à la façon des gouvernements modernes ; il échappait aux naufrages, si terribles alors, se construisait un radeau des débris de sa nef. Dépouillé de ses collections, au retour, par les rois d'Égypte, ou, en route, de ses diamants, par les rois barbares de Bogus (Fez), ce précurseur des martyrs de la géographie a péri, abandonné dans une île déserte par un rival, ou assassiné par un chef de peuplades sauvages.

Ce corps de l'Afrique, compacte et ramassé, où aucune mer intérieure ne donne accès, comment, en effet, le percer? A défaut de golfes assez nombreux, de rades sûres, de péninsules, avant-postes détachés du continent, la nature nous ouvrait la voie périlleuse des fleuves et des rivières ; c'est par là qu'ont pénétré dans les solitudes africaines, au prix d'émouvantes épreuves, tant d'hommes héroïques, martyrs de la science et de leur génie d'aventures.

Le moyen âge avait multiplié les immigrations sur les plages septentrionales de l'Afrique, sans briser la barrière qui séparait l'Europe du centre de cette partie du monde. Il faut songer à Diaz et à Gama, qui en doublèrent l'extrémité méridionale pour pardonner aux Portugais leur incurie scientifique et l'audace de leurs mensonges de marchands. A la fin du dix-huitième siècle, l'Afrique, dont le nord-est était déjà, il y a cinq mille ans, le foyer d'une civilisation prospère et brillante, demeurait encore la fabuleuse Afrique.

C'était au dix-neuvième siècle qu'était réservé l'honneur de résoudre tant de problèmes. L'Afrique, depuis cinquante ans, a été le théâtre des plus vaillants exploits scientifiques. Après Houghton et Mungo-Park (1796 et 1805), Laing (1826), Caillé (1828), Denham (1823), Clapperton (1820 à 1827), John et Richard Lander (1830), Richardson, Overweg, Barth (1850-55), Vogel, Baikie, s'élancent dans les régions de la Haute-Gambie, du Niger, du Soudan. Mollien, Hecquart, Raffenel, l'illustre Faidherbe se succèdent dans la Sénégambie. Cette mystérieuse Tombouctou que le français Caillé vit le premier, le spahis Perraud et le lieutenant Mage y entrent peut-être en ce moment. Nous suivons Galton, Anderson, Delegorgue, Oswell, Ladislas Magyar dans l'Afrique australe; nous la traversons de part en part avec Livingstone. Du Chaillu au Gabon, Duveyrier chez les Touaregs, Burton et Speke aux grands lacs, attaquent par toutes les brèches le mystérieux continent que la civilisation européenne cerne et enlève redoute à redoute. Que de hardies explorations de nos officiers d'Afrique et de nos voyageurs français dans l'Algérie, depuis Carette, Daumas, Devaux, Hanoteau, Colomieu, Bouderba, jusqu'aux récentes excursions de Duveyrier dans ce Sahara, où il y a quatre ans, nous voyions une mer de sable et où Barth nous révèle dans l'oasis d'Aïr une Suisse et Duveyrier des rivières, non celles du mirage, mais de vraies rivières, des lacs, des sources vives, des cascades, de hauts sommets, des neiges! A l'est de l'Afrique se pressent aussi les curieux héroïques. — Ici, les Antoine, les Arnaud d'Abbadie, les Beke, les Rochet d'Héricourt, Combes et Tamisier, Ferret et Galissier, Théophile Lefebvre, Lefèvre le naturaliste, Burton. — Là, après Salt, Caillaud et Burkhardt, Ruppel, Linant, Russegger, d'Arnaud, Werne, Thibaut, Knoblecher, Brun-Rollet, Angelo Vinco, Lejean, Peney; — par un autre point d'attaque et en tournant le Nil, Krapf, Rebmann, Ehrardt, Léon des Avanchers, encore Burton, Roscher, de Decken, Speke.

Il y a onze ans, en 1852, Roderick Murchison jetait cette vue prophétique que le centre de l'Afrique australe est un grand bassin très-élevé, en forme d'assiette renversée a dit depuis Speke, abondant en plaines immenses, en terres fertiles semé de lacs nombreux, nourris par mille courants descendant des hautes montagnes qui le bordent. Les pluies font déborder ces lacs. Ces eaux, ouvrant une brèche ou emportant l'obstacle, s'échappent et se font

jour à travers les hautes terres, bondissent en cataractes sur le sol qui s'abaisse par brusques ressauts ou en pentes adoucies, et s'élancent vers les trois mers de l'Afrique. Livingstone a prouvé la vérité de cette heureuse induction pour le Zambèze. Le Niger fuit aussi de ces hauts plateaux à travers des gorges profondes et rocheuses. Le réservoir du Nil, *le Nyanza Spekii*, vient donner la dernière et définitive confirmation de cette théorie et le *trait capital* du relief africain. L'extrémité méridionale du lac s'étend jusqu'au partage des eaux entre l'Afrique du Nord et l'Afrique du Sud. Le cours du Nil s'allonge sans recevoir d'autre aliment que les affluents latéraux découlant des terres élevées qui l'entourent. Les eaux, en émergeant du Nyanza, sont reçues dans une série de dépressions qu'elles descendent de cascade en cascade comme sur les degrés d'un escalier gigantesque taillé en assises inégales.

On trouvera, nous le voulons bien, d'autres affluents du Nil coulant de l'ouest ou de l'est, peut-être même des sources plus éloignées que celles que Speke a vues, mais la limite méridionale de la latitude dans laquelle les affluents du lac doivent nécessairement se trouver a été déterminée. « Si les anciens, dit Speke, avaient su que l'Équateur est la zone pluvieuse du monde, ils ne se seraient pas tant fatigué l'imagination. » Ces grandes pluies, en tombant dans l'intervalle de trois degrés de latitude à partir de l'Équateur, donnent naissance au vaste réservoir où s'alimentent les fleuves immenses qui se précipitent vers les océans du plateau intérieur de l'Afrique. Le Nil met cinq mois, de mai à l'Équateur, jusqu'à octobre au Delta, pour propager et étendre sa grande crue dans sa vallée de douze cents lieues : trente kilomètres par jour. Ainsi se forment le Tanganyika, le Victoria, le Rusizi, sans doute le Nyassa lui-même, pour lequel le fait n'est pas encore vérifié. Comment pourrait-il autrement conserver toute l'année un niveau uniforme ?

Speke, d'après le même principe, affirme aussi qu'il y a un autre lac à trouver sur la ligne de l'Équateur, à l'ouest du Tanganyika et du Nyanza Victoria. Ce lac serait le réservoir du Congo. Constater ce fait achèverait de résoudre le problème du système hydrographique africain.

La moitié de la zone équatoriale à l'est a ses lacs anglais. Dans la région occidentale, à l'exception de la côte et seulement sur une quarantaine de lieues de profondeur, « il n'y a rien de tracé

qui ne soit hypothétique, ni un cours d'eau ni un nom de peuple [1]. » Mais déjà, le chirurgien de marine, Touchard, remonte le fleuve Ogo-Waï (Gabon), dont il a exploré deux bras, et que Griffon du Bellay et Serval ont ouvert les premiers. Griffon du Bellay construit sur une base solide son hypothèse : « L'immense quantité d'eau qui tombe dans cette zone pendant la saison des pluies doit pourtant avoir une issue; si elle se rend à la mer, ce doit être par l'Ogo-Waï, qui est vraisemblablement le seul grand fleuve de la région [2]. « Je verrais avec joie, nous disait noblement Speke, la France pousser de l'embouchure du Gabon jusqu'à la tête du Nil. »

Speke rêvait la gloire d'explorer aussi ces parties inconnues, et il lui appartenait certes d'y représenter encore sa patrie. « Croyez-le bien, disait-il, il y a peu de semaines dans un banquet à Taunton, c'est la pensée de ma patrie qui m'a toujours soutenu. Partout où j'étais, je tâchais d'en être digne. » Mais hélas, le jour même où Burton devait avoir avec lui un débat que l'envie a calomnié, Speke meurt à la chasse d'un accident vulgaire, comme Bruce, mais à trente-huit ans. Il chassait près de Bath. Il saute un mur quand le chien de son fusil s'accroche à une plante; le coup part, et Speke retombe sans vie. L'association britannique tenait à Bath même séance. Justement le comité de géographie réclamait pour Speke un honneur national. On attendait le voyageur. Le président, sir Murchison, reçoit la fatale nouvelle et l'annonce d'une voix émue. Le contradicteur de Speke, Burton, impuissant à parler, trace à la hâte un hommage funèbre à la *vaillance et à la loyauté* de son émule. Le 23 septembre dernier, deux mille personnes, Murchison et Livingstone en tête, accompagnaient à l'église de Dowlish-Wake « l'européen, comme le Murchison, qui, le premier, traversa du Sud au Nord le centre de l'Afrique équatoriale, celui qui — abstraction faite du détail des sources — *a mis hors de débat l'existence et le site de la vaste nappe d'eau du sein de laquelle émerge le grand fleuve* [1]. »

[1] Lettre de Griffon du Bellay au ministre de la marine, président de la Soc. de géogr. *Bullet.*, juin 1864.

[1] On apprend que M. Touchard n'a pu dépasser le point atteint par Serval et du Bellay. Il a laissé à la rivière, Ferdinand Vas, M. du Chaillu qui veut traverser l'Afrique sous cette latitude. Nous lui souhaitons une fortune meilleure que celle de Jules Gérard, la dernière victime de l'Afrique.

[1] Une souscription est ouverte pour le monument funéraire de Speke, à la

Le meilleur hommage à rendre à ce vaillant explorateur est de rappeler qu'il a placé au-dessus même du résultat scientifique de son expédition une révolution morale qu'il a entrevue et dont il aura avancé l'heure. Les découvertes de Speke, comme celles de Burton et comme celles de Livingstone, mettent fin à l'hypothèse surannée d'une Afrique intérieure sablonneuse, déserte et stérile. Ces beaux lacs élevés dans l'atmosphère pour redescendre sur la terre et y être reversés en eaux bienfaisantes, créent une zone merveilleusement fertile à travers l'Afrique. « Cette richesse est si surprenante, nous disait Speke à Paris, que, quoique je sois resté deux ans dans l'Inde, je n'ai jamais rien vu qui pût lui être comparé »

L'Afrique promet à notre industrie européenne un débouché immense, et à notre commerce, par une grande variété de matières premières, un aliment considérable. Y répondrons-nous, comme nous l'avons fait pour l'Amérique et l'Australie, par le refoulement et l'extermination des races indigènes, expédient que certains savants ont voulu ériger en théorie scientifique et qui donne à l'avide et cruelle colonisation de l'Espagne et de l'Angleterre une infériorité si étrange et si inattendue sur la douce, sereine et féconde colonisation des Phéniciens et des Grecs ? Notre siècle répugne à ces destructions de races, et les populations africaines sont assez serrées pour qu'on songe prudemment à la conciliation.

Pour prix de leurs précieuses productions, qu'avons-nous jusqu'ici apporté aux Africains ?

L'esclavage disparaît aujourd'hui devant le dogme moderne de la dignité du travail. Il disparaît, parce qu'il opprime l'esclave, parce qu'il corrompt le maître. Il sombre aux États-Unis au milieu d'une épouvantable tempête, juste châtiment d'une odieuse et perfide obstination à le maintenir.

C'est au foyer même de la traite qu'il faut poursuivre l'esclavage et l'anéantir. Abd-el-Kader écrivait hier à un journal musulman qui se publie à Paris : « Vous voulez réveiller le monde mu-

société de Londres, 15, White-Hall place ; à la société de Paris, 3, rue Christine. — Speke est né, en 1827, dans le Somerset, qui a déjà donné à la géographie et à l'Angleterre Francis Drake. — On annonce une traduction du voyage de Speke, par l'auteur d'élégantes et heureuses réductions d'après la littérature anglaise, E. D. Forgues.

sulman, vous le croyez endormi ; il est mort. » Mort de persévérer dans la traite. La Turquie et l'Égypte ont bien pu, sur les sollicitations de la diplomatie anglaise, décréter l'abolition de l'esclavage. Mais ces décrets n'ont fait que rendre plus hideux un commerce que la loi condamne et que les mœurs défendent. L'esclavage, le supplice des longs voyages à la chaîne, la mutilation des hommes, l'infibulation des femmes, subsistent. Quelques croiseurs dans la mer Rouge, le quart de ce que l'Angleterre entretient dans les eaux de la Guinée, en auraient raison, et Burton les réclamait du consul d'Aden. Celui-ci le rabroua pour cet excès de zèle : ce serait compromettre le nom du sultan et le commerce anglais dans la mer Rouge.

Comment sortir de là ? Avec la solution qu'apporte la découverte de Speke.

« En Afrique, *la terre est pour rien, et les bras nécessaires à la culture se trouvent sur les lieux mêmes.* » Le sol du plateau intertropical est riche ; la couche supérieure est d'un « beau grès argileux qui, mêlé comme il l'est à une luxuriante végétation, forme un aussi bon terreau qu'on pourrait le désirer pour une serre en Europe. » Le climat est sain. Les chaleurs ne sont pas très-grandes, surtout dans la matinée et dans la soirée ; les nuits ne sont jamais trop chaudes pour empêcher le sommeil rafraîchissant. « On a plus à souffrir de la chaleur en Angleterre que dans le Karagueh, et encore plus dans le sud de la France en été. » La grande élévation du bassin du Nyanza au-dessus du niveau de la mer assure la constance d'une température modérée.

Quelles ressources d'ailleurs, quelles richesses animales, végétales, minérales, offre ce beau pays où les rayons du soleil tombent d'aplomb sur une terre profondement arrosée et où on voit l'herbe pousser ! Les arbres montent à la hauteur des gommiers bleus de l'Australie. Inépuisables sont les pâturages. Le café croît à profusion sans culture ; aloès, dattes, indigo, coton en abondance ; on n'en fait rien. Le riz y prospérerait, mais les indigènes le tiennent pour une chétive nourriture. La banane bouillie, c'est notre pomme de terre ; mûre, un excellent fruit ; pressée, un breuvage supérieur aux vins légers d'Europe. Toutes les variétés de maïs, la pomme de terre, l'igname, tous les légumes de nos champs, réussissent admirablement. La canne à sucre pullule, on la mâche. Pas de famine à redouter ; une récolte succède à une

autre, et sans interruption, et toute l'année. » Du fer, du cuivre, d'autres métaux, on en trouvera dans les chaînes à l'est et à l'ouest du Nyanza.

Voulût-on n'installer qu'un *emporium* à la porte du pays, comme faisaient les Grecs et les Phéniciens, nous citerons l'exemple du docteur Baikie, établi de l'autre côté de l'Afrique, au Kouara (1857). « J'ai ouvert un marché régulier d'où j'ai exclu le commerce des esclaves. Les marchands nous arrivent; les caravanes nous apportent l'ivoire. »

« Pour régénérer ce pays fertile, c'est bien plutôt sur le commerçant que sur le missionnaire qu'il faut compter, dit Burton. L'homme qui pourra s'enrichir par l'écoulement des produits qui l'entoure ne voudra plus risquer sa vie dans des razzias perpétuelles qu'il fait maintenant chez son voisin avec l'espoir de le surprendre et de le capturer pour le vendre. Le commerce, en créant à l'Africain des intérêts soumis à ses relations avec les étrangers, adoucira ses mœurs et lui fera bien mieux comprendre la solidarité humaine que ne le pourraient faire les meilleurs sermons. » Brun-Rollet fait, de son côté, un aveu qu'il faut enregistrer : « Je n'affirme pas que les sauvages africains deviendront plus heureux, car, s'ils ont de grands défauts, ils sont loin de posséder la rouerie et l'astuce qui font la force de l'homme de la civilisation. Ils sont plus avant que nous dans l'esprit de ce précepte : Aimons-nous les uns les autres. »

Et qui donc affirmerait que l'Afrique est condamnée à une barbarie éternelle? Qu'on ne nous réponde pas en nous montrant le Congo et le Mozambique, desorganisés par les guerres qu'entraînent la chasse à l'esclave et le mépris où l'esclavage fait tomber le travail. Ce n'est pas là l'œuvre de la civilisation, c'est l'œuvre des Portugais. Détournons les yeux d'Haïti ; cette réaction qui dure encore sur cette terre brûlante contre le devoir et le travail, c'est notre code noir qui l'a faite. Mais qu'on regarde Libéria, cette heureuse tentative de l'éducation des noirs par la civilisation. Ces pauvres affranchis, rachetés par d'honnêtes souscripteurs des États du Nord, possèdent le travail et la persévérance, et leur dernière exposition à Monrovia l'a prouvé. En Afrique, partout où le nègre peut semer et moissonner avec sécurité, il menage son troupeau et cesse d'être nomade. Qu'on relise cette belle étude toute frémissante d'amour de la liberté et de généreuse éloquence

sur les nègres émancipés de Beaufort, qui inspirera à tous les lecteurs de M. Élisée Reclus le vœu ardent de le voir écrire l'histoire de l'abolition de l'esclavage. « Quelle joie pour les nègres d'ouvrir enfin ce terrible alphabet qu'ils n'auraient pu toucher autrefois sans risquer la torture du fouet, cet alphabet qu'un blanc n'eût pu leur faire déchiffrer sans se voir condamné à des années d'emprisonnement!... Par une sigulière coïncidence, c'est dans la Caroline du Sud, à l'endroit même où la sécession fondée sur la servitude du noir avait pris son origine, qu'a commencé également la première expérience sérieuse tentée sur le sol américain pour transformer les esclaves en hommes[1]. »

Ces barbares, qui arrêtent de Decken au Kilimandjaro, Burton au Cameroun, qui s'étonnent de l'ardeur civilisatrice des Français à Alger et au Sénégal, qui se demandaient s'ils sacrifieraient Speke, ne savaient pas que nous apportons à l'Afrique Nouvelle trois secrets puissants qui ont renouvelé la vieille Europe: la vapeur, qui a fait une révolution dans le monde physique; le libre échange qui est en train d'accomplir une révolution dans le monde du travail; la démocratie, qui a abattu les murailles des castes privilégiées et fait de ce qui n'était naguère qu'une aristocratie, un peuple fraternel. Aujourd'hui que les impossibilités deviennent de plus en plus des vérités pratiques, le progrès moral de la race africaine la fera remonter, dans un prochain avenir, au rang qu'elle doit reprendre dans la grande famille humaine.

Naguère, content les nègres, les Africains étaient aussi blancs et aussi intelligents que les autres peuples. Un jour Muluku (le bon Dieu) s'enivra et tomba dans le chemin. Les Africains, dont le cœur est gai, rirent. Les Européens, qui savent tout ce qu'il faut faire, cueillirent des feuilles et couvrirent le père avec respect. Et les Africains eurent depuis ce jour la peau noire et l'esprit alourdi.

Pauvres gens! avez-vous entendu Livingstone vous dire que l'Angleterre fut autrefois aussi sauvage que l'est encore votre patrie,

[1] Elisée Reclus, *Revue des Deux Mondes*, 15 mars 1865, *Les Noirs Américains depuis la guerre civile des États-Unis*. — Cf. A. Jacols. *Revue des Deux Mondes*, 1858 : « Les autres hommes peuvent jouer, à leur gré, auprès du nègre, le rôle de bon ou de mauvais génie : le nègre subit toutes les influences sans les discuter avec une conscience en quelque sorte touchante de son infériorité. »

et que, dans une longue série de siècles appuyée sur le travail et la liberté, elle monta de degré en degré à ce faîte de gloire et de civilisation qu'elle occupe aujourd'hui ? Il y a dix-huit siècles, un savant écrivait à son ami qui se trouvait près de ce pays : « Envoyez-moi des esclaves, mais pas de Bretons ; ils sont stupides et ineptes ; ce sont des hommes qui ont égaré leur âme. » De qui Cicéron parlait-il ainsi ? De la patrie de Shakspeare, de Bacon, de Hampden, de Wilberforce, de Pitt, de Watt, de Stephenson, de Livingstone, de Burton et de Speke.

Ernest Morin.

CHIRURGIE

FONCTIONS DU PÉRIOSTE. — APPLICATIONS CHIRURGICALES

I

Des fonctions du périoste. — Histoire de leur découverte.

Chez l'homme et les animaux supérieurs, le squelette est constitué par la substance osseuse, qui vit, se répare, se renouvelle, et qui représente l'ensemble des leviers auxquels s'appliquent les puissances motrices, les muscles, si nombreux dans les organisations développées.

C'est surtout le périoste, membrane fibreuse, dense, vasculaire, qui enveloppe étroitement les os des riches courants sanguins qui portent la vie et la nutrition; c'est le périoste qui établit une intime adhérence entre les muscles moteurs et les os, organes passifs, mais résistants. C'est là son rôle physiologique.

Cette membrane s'étend sur la totalité du squelette ; et bien qu'elle se modifie légèrement au niveau des cartilages, où par esprit de rigueur scientifique on la nomme périchondre, au niveau de quelques parties des os et de certains os larges, comme ceux qui constituent la voûte du crâne, l'idée des anciens anatomistes qui la représentaient comme une sorte d'étui emprisonnant le squelette reste vraie et atteste la fonction générale et importante qu'elle remplit envers le système osseux.

C'est à Duhamel du Monceau, plus généralement connu sous le nom de Duhamel, qu'était réservée la gloire de mettre en lumière cette fonction.

Voué par une remarquable vocation à l'étude expérimentale des sciences, Duhamel, sans prendre souci des idées générales qui régnaient à son époque (né en 1700) sur la reproduction des tissus et des organes de l'économie, Duhamel étudia d'abord comment

les os fracturés se consolident, puis comment ils se développent en épaisseur et en longueur chez les jeunes animaux. Le résultat de ces recherches capitales est consigné dans les mémoires de l'Académie des sciences de 1739 à 1743. Sa découverte incontestée, celle que les travaux modernes n'ont fait que confirmer, c'est que le périoste possède une évidente propriété ostéoplastique; mais son erreur fut de croire que le périoste possédait seul cette propriété et qu'il s'ossifiait lui-même par ses couches profondes.

Ces trois idées marchaient de pair dans les travaux de Duhamel, qui du reste assimilait l'accroissement des os à l'accroissement des arbres; aussi la part d'erreur que renfermait cette théorie donna lieu à de nombreuses attaques, et sans l'esprit positif de la science moderne, peut-être la vérité eût-elle succombé sous le fardeau des erreurs qui l'entouraient.

Un moment, en effet, après que l'Académie de chirurgie eût décidé du même coup qu'aucun tissu vivant ne peut se reproduire (1768), on en vint à croire et cette croyance fut sinon universelle, au moins très-générale, que la reproduction des os était une mystification et que le périoste ne jouait aucun rôle de cette nature. On trouve, jusqu'au commencement de notre siècle, des représentants convaincus, et souvent violents, de ces opinions négatives.

Cependant, de côté et d'autre, quelques-uns de ces savants émérites qui sont la lumière de leur époque, avaient entrevu la vérité complète. Ainsi Haller et son école, reprenant les expériences de Duhamel, avaient constaté que ce n'est pas le périoste qui s'ossifie, mais bien une substance liquide, un suc, appelé par eux suc osseux, qu'ils supposaient exhalé par les vaisseaux. Troja avait reconnu le rôle de ce suc plastique et avait démontré que le périoste n'est pas l'organe exclusif de l'ossification. John Hunter avait confirmé en les étendant ces idées nouvelles.

Mais jusqu'à Charmeil, dont le travail parut en 1821, les opinions étaient flottantes. Cet auteur prouva après Troja, mais plus complétement que lui, que la substance osseuse peut se reproduire malgré la destruction complète du périoste, malgré la destruction simultanée du périoste, de la moelle et de l'os, observations confirmées depuis par Medici, par Al. Wagner et par les faits d'ossifications accidentelles apparaissant loin des os et de leurs dépendances, dans les muscles, le tissu cellulaire, etc.

De cette longue période de recherches, des innombrables expériences qui ont été faites, des cas pathologiques qui réalisent en les variant, mais aussi en les troublant, les conditions expérimentales, il résulte : que la régénération des os est un fait incontestable, que cette régénération est le résultat de l'organisation en substance osseuse d'un blastème, suc ou lymphe, que ce blastème peut être sécrété par des organes différents, mais que le périoste le sécrète plus abondamment, ou mieux, que le blastème sous-périostal possède au plus haut degré la faculté de se transformer par une série de mutations successives en substance osseuse.

La formation de la substance osseuse en dehors du périoste prouve d'une manière irréfutable que l'ossification n'est pas due à la transformation des couches profondes du périoste, de la membrane elle-même en couches osseuses.

La théorie qui consiste à faire du périoste l'unique agent et le siége de l'ossification compte encore des partisans, tant il est vrai que l'erreur est tenace. Plutôt que de reconnaître la valeur des preuves dues à Troja, à Chammeil, Medici, Wagner et tant d'autres, ils préfèrent évoquer des hypothèses sans base et sans démonstration possibles.

M. Flourens prête l'appui de son nom à cette opinion; il suppose que si les os peuvent se reproduire lorsque le périoste a été détruit, c'est que le périoste lui-même se régénère préalablement. Voici ses propres paroles :

« Le périoste détruit se reproduit donc, et une fois reproduit, il reproduit l'os.

« Le périoste est donc la matière, l'organe, l'étoffe qui sert à toutes ces reproductions merveilleuses. Le périoste est l'organe qui produit les os et qui les reproduit. Aussi nulle autre partie de l'économie animale ne jouit-elle à un aussi haut degré de la faculté de se reproduire.

« Quelques jours suffisent à sa reproduction, et cette reproduction est inépuisable. On peut retrancher une portion du périoste, elle se reproduit; on peut la retrancher encore, et elle se reproduit encore. »

Organe unique, phénix sans cesse renaissant, ce périoste d'invention fantastique serait capable, en effet, de produire des merveilles, voire des miracles, si la chirurgie ne nous montrait chaque jour combien la réalité s'éloigne de cet étrange pro-

gramme, combien les propriétés ostéogéniques du périoste sont facilement anéanties par un bon nombre de circonstances ! Mais il y a plus, le périoste est si peu l'organe formateur des os, qu'à l'époque primitive de l'évolution embryonnaire, l'os semble précéder son enveloppe ; que dans les ossifications pathologiques accidentelles, la matière osseuse se forme sans l'intervention d'aucune espèce de périoste.

Ces deux preuves suffisent à démontrer l'inanité de cette doctrine, qui n'est autre chose que la théorie de Duhamel avec une affirmation plus catégorique de ses erreurs anciennes ajoutées à une erreur nouvelle, celle de la reproduction du périoste détruit.

Ceux de nos lecteurs qui ne sont pas familiers avec les sciences physiologiques auront peut-être quelque embarras à suivre ces détails et penseront que nous discutons sur des pointes d'aiguilles. Il n'en est rien cependant, car il est nécessaire d'être bien fixé sur le fait avant d'en rechercher les conséquences ; aussi ajouterons-nous encore quelques remarques aux conclusions qu'on a lues plus haut.

Le périoste et la moelle sont les principales sources de nutrition des os ; à ce titre ils participent à leur accroissement.

Quand un os est brisé, ces deux organes, les surfaces de section de l'os et les parties molles voisines, concourent à la formation du cal.

Quand on sépare volontairement, dans une expérience sur un animal, le périoste de la surface de l'os qu'il recouvre, on voit des couches osseuses de nouvelle formation se développer sous le périoste. On peut même enlever des portions d'os étendues ou la totalité d'un os en détachant le périoste, la portion d'os ou l'os se régénère et leur forme est à peu près la même que celle de l'os enlevé.

Quand un os est frappé de mort en tout ou en partie, qu'il est atteint de nécrose, le périoste s'épaissit, se détache de la partie mortifiée, et sécrète un nouvel os qui emprisonne la portion nécrosée. Ce phénomène fréquent n'est pas constant, la fonction ostéogénique du périoste pouvant être détruite de diverses façons au niveau de la nécrose.

De tous les organes qui peuvent reproduire de la substance osseuse, le périoste est celui qui possède au plus haut degré cette faculté. On peut même dire qu'il possède seul le pouvoir de don-

ner à la régénération osseuse la continuité, la forme, le volume qui rappellent l'os primitif. De telle sorte qu'on a pu écrire avec raison qu'un grand nombre d'organes produisent de la substance osseuse, mais que le périoste seul reproduit des os. La différence des expressions n'échappera pas au lecteur attentif.

Tout cela est connu depuis longtemps, c'est la base de l'édifice. Il était réservé à un jeune chirurgien de notre époque, M. Ollier, d'ajouter un fait nouveau à ces vérités acquises; mais ce point sera mieux placé quand nous parlerons des applications chirurgicales des fonctions du périoste.

Ces fonctions n'ont point toujours une égale énergie. Elles peuvent être détruites, affaiblies, modifiées, exagérées parfois. Elles peuvent varier suivant la forme et la nature des os. Jetons un coup-d'œil sur ces conditions diverses.

II

Conditions dans lesquelles s'exerçent les fonctions du périoste.

Toutes les parties du squelette n'ont point une égale facilité de reproduction. Les os allongés des membres, certains os de la face, paraissent, d'après les expériences et les opérations chirurgicales, être les mieux doués sous ce rapport, tandis que les extrémités articulaires des os d'une part et les os courts de l'autre ne se reproduisent que peu ou pas. Il est bon de remarquer la grande analogie qui existe tant au point de vue de la structure des os qu'à celui de la disposition du périoste entre les extrémités articulaires et les os de la main, du pied, etc., auxquels on a donné le nom d'os courts à cause de leur forme.

Si on a enlevé dans les meilleures conditions une partie étendue d'un os, de telle sorte que les extrémités coupées soient très-éloignées l'une de l'autre, la reproduction sera moins facile, plus lente, souvent plus incomplète que si la partie reséquée est peu étendue.

L'âge de l'individu, homme ou animal, chez lequel on cherche à obtenir la reproduction d'une partie détruite du squelette, a une grande influence sur cette reproduction et, par conséquent, sur les fonctions régénératrices du périoste : influence facile à prévoir, puisque la jeunesse est l'âge de l'accroissement, de l'activité

formatrice de tous ou presque tous les organes. En effet, la fonction réparatrice du périoste s'atténue de plus en plus avec les progrès de l'âge, et on ne peut plus guère espérer de régénération chez les individus qui ont dépassé le premier tiers de la vie ordinaire, c'est-à-dire l'âge de trente à trente-cinq ans.

Par bonheur les maladies qui, nécessitant l'intervention chirurgicale, motivent en même temps la conservation du périoste, sont surtout fréquentes dans l'enfance et la jeunesse : circonstance d'autant plus favorable qu'à l'influence de l'âge se joint une disposition anatomique qui facilite à un haut degré les opérations. Dans les premiers âges de la vie jusque vers dix ans, le périoste est épais, vasculaire, médiocrement adhérent aux os, dont on peut aisément le détacher, sans déchirure, dans une grande étendue. De dix à vingt-cinq ans, la membrane devient graduellement plus mince et plus adhérente, et quand l'âge adulte est franchi, on ne peut plus guère séparer le périoste des os que d'une manière fort incomplète. Ainsi, dans la jeunesse, puissance fonctionnelle du périoste, facilité matérielle de provoquer l'exercice de cette puissance.

Les maladies des os modifient de différentes façons le périoste et le disposent plus ou moins à la régénération osseuse. Dans les affections qui entraînent un certain degré d'inflammation modérée, comme dans les nécroses, le périoste s'épaissit, se vascularise, tend à se détacher ou se détache des surfaces osseuses, et bientôt sécrète par sa face profonde des couches qui constitueront plus tard un nouvel os. C'est surtout dans cette variété d'affections que la puissance ostéogénique du périoste est excitée au plus haut point et qu'elle produit les plus remarquables résultats.

Dans d'autres cas, au contraire, et suivant les phases de la maladie, le périoste adhère à l'os avec une solidité telle que toute opération sous-périostée devient impossible.

Le périoste peut être détruit dans une étendue plus ou moins considérable, soit par une blessure, soit par une inflammation trop aiguë ou trop longue, et alors, quoi qu'en dise M. Flourens, ses facultés régénératrices sont absolument éteintes et les parties molles ambiantes feront seules les frais des ossifications nouvelles, s'il s'en produit.

Enfin ce périoste peut être lui-même atteint ou près d'être atteint par la propagation d'une maladie à marche envahissante

comme le cancer, et dans ce cas il n'est plus qu'un organe dangereux qu'il faut sacrifier aussi complétement que possible.

Dans certaines conditions, les régénérations périostales marchent avec rapidité, tandis que dans d'autres cas elles procèdent avec lenteur. Cela dépend de l'âge du sujet, de sa vigueur, de son état de santé, du milieu où il vit, de la nature de l'os sacrifié : variations que nous apprenons de jour en jour à mieux connaître et qui importent singulièrement dans les déterminations chirurgicales, en même temps qu'elles expliquent les dissidences entre des auteurs qui n'ont pas toujours observé dans des conditions générales identiques.

Ces conditions, en vertu desquelles la fonction périostale subsiste ou disparaît, est énergique ou affaiblie, lente ou rapide, ne doivent jamais être oubliées par l'expérimentateur ni par le chirurgien. Il faut savoir ne pas tenter ce qui est impossible, inutile ou dangereux.

De même que le cultivateur recherche, pour en profiter, le temps favorable aux semailles, la nature de sol convenable, l'engrais qui fécondera ce sol, de même ici faut-il savoir choisir le moment opportun, le sol fécond, les circonstances adjuvantes, sans quoi on court au-devant de l'insuccès, on compromet l'art, on leurre les malades d'un espoir sans fondement. Ce n'est pas tout encore que de savoir choisir, il faut savoir s'abstenir en face de conditions défavorables.

III

Histoire des applications chirurgicales des fonctions du périoste.

Jusqu'ici nous avons cherché à préciser l'origine de nos connaissances et leur état actuel sur les fonctions du périoste. Voyons maintenant le mouvement que ces connaissances, graduellement plus exactes et plus étendues, suscitèrent dans la pratique de l'art.

Au commencement du dernier siècle, à l'époque où Duhamel faisait connaître ses remarquables expériences, les chirurgiens ne savaient opposer à la nécrose des os que l'application du feu ou l'amputation du membre, suivant le cas. Peu à peu cependant, guidés par l'étude des phénomènes naturels qui se produisent dans la guérison spontanée de ces maladies, éclairés aussi sur les

fonctions du périoste, ils en vinrent à mieux interpréter les faits pathologiques et à pratiquer, au lieu de l'amputation, l'extraction plus ou moins laborieuse de la partie frappée de mort, partie qui a une tendance naturelle à se séparer, à se séquestrer du reste de l'os et que, pour cette raison, on nomme un séquestre.

Cette remarquable conquête, qui devait doter la chirurgie d'une série d'opérations sûres, efficaces et généralement innocentes, ne se fit cependant pas sans difficultés. Elle eut ses adversaires convaincus, dont les récriminations ne cessèrent qu'après les premières années de notre siècle Ces adversaires protestaient contre « cette prétendue réforme de l'amputation des membres, qu'on voulait remplacer par des opérations évidemment cruelles et nuisibles sur les os cylindriques que l'on croyait régénérés. » (1781, Brun, de Toulouse.)

L'erreur scientifique conduisait ces chirurgiens à l'erreur de pratique.

Cependant, ainsi que nous venons de le dire, l'extraction des séquestres fut bientôt adoptée avec un grand succès, et on obtint des régénérations périostales d'autant plus complètes et plus rapides, que le périoste est, par le fait de la nécrose, admirablement disposé aux réparations.

Cela est si vrai, que dans ces derniers temps on a vu très-fréquemment des chirurgiens, plus empressés de publier leurs succès que de suivre la marche de la science, donner des cas de réparation osseuse consécutive à des nécroses comme le résultat d'opérations nouvelles conçues sous l'influence de vérités scientifiques nouvelles !

Nous ne saurions trop insister sur ce point capital dans l'étude de la question de pratique. L'utilisation des fonctions régénératrices du périoste dans toutes les ablations de séquestre remonte au commencement du siècle; c'est une conquête inscrite depuis longtemps à l'avoir de la chirurgie, et on ne sait comment comprendre l'erreur de quelques chirurgiens contemporains qui persistent à se constituer les inventeurs de vérités parfaitement connues.

Pendant les premières années du siècle, tous les travaux relatifs aux fonctions périostales portent à peu près exclusivement sur la consolidation des os, sur la formation du cal dans les fractures. Cependant les opérations récemment imaginées par White, Parck

et Moreau allaient bientôt ramener les esprits vers le rôle du périoste.

Ces chirurgiens venaient, par leurs exemples, de faire faire un pas remarquable à la chirurgie et de la lancer dans une voie de large progrès ; ils avaient reséqué avec succès d'importantes parties du squelette pour des maladies qu'on avait coutume de traiter par l'amputation. Au lieu de couper la cuisse, ils avaient réséqué l'articulation du genou en conservant le reste du membre, c'est-à-dire une jambe raccourcie et un pied; au lieu de couper le bras, ils avaient reséqué l'articulation du coude en conservant un avant-bras et une main : conquête immense dont les nombreux fruits n'ont pas encore été tous cueillis, tant le principe est fécond !

Dès lors on se préoccupa de rechercher les conditions les plus favorables au succès de ces remarquables opérations. Déjà le travail de Charmeil avait vu le jour. Bientôt, de tous les côtés, en Allemagne, en France, en Angleterre, en Russie même, les faits sont de nouveau soumis au contrôle de l'expérience ; c'est surtout au point de vue des resections qu'on étudie les fonctions du périoste ; les chirurgiens s'enhardissent dans la pratique de ces opérations.

D'année en année paraissent d'importants travaux de Heine et de Textor en Allemagne, de Syme d'Édimbourg ; les indications se formulent en précepte. Dès 1834, M. Malgaigne écrit dans son *Manuel de médecine opératoire :* « Si la resection s'opère dans la continuité d'un os long, ou même si on extrait l'os tout entier, *il faut, autant que la maladie le permet, conserver le périoste.* Chez les enfants, il peut fournir la matière d'un os nouveau, et, chez les adultes, il sert encore de base à un tissu fibreux qui remplace, jusqu'à un certain point, l'os ancien. » Quelques années plus tard, Lisfranc reproduisait ce précepte, à peu près dans les mêmes termes, dans le second volume de sa Médecine opératoire.

A cette même époque (1837), un chirurgien italien, M. Bernardin Larghi, un des plus ardents promoteurs de la conservation du périoste et de son utilité, écrivait : « Dans les rescisions pratiquées jusqu'à présent, on a toujours emporté la matrice de l'os avec l'os lui-même. Contrairement à cette manière d'agir, je n'enlève que la substance osseuse et je laisse religieusement en place le périoste, en tâchant de lui conserver sa forme. Je retire en quel-

que sorte l'os comme on retire la main d'un gant. » En même temps, M. Larghi faisait connaître, par des communications académiques et des publications dans les journaux, les opérations sous-périostées (ce mot est de lui) qu'il avait pratiquées.

C'est en 1847 que M. Flourens réunit en un volume le récit de ses expériences et des faits qu'il avait à plusieurs reprises signalés à l'Institut. Ce volume a pour titre : *Théorie expérimentale de la formation des os*. Déjà nous avons signalé l'erreur physiologique qui découle de ce livre ; nous n'y insisterons pas davantage, voulant seulement rappeler ici la date de cette publication.

En 1845, Blandin, professeur d'opérations chirurgicales à la Faculté de médecine, Blandin, qui connaissait le mouvement de la science, après avoir reséqué à diverses époques des portions de différents os, pratiqua une opération qui n'offre qu'une très-mince importance au point de vue chirurgical, mais qui en a une très-grande au point de vue historique.

Il avait dans son service un jeune homme atteint d'une maladie de la clavicule gauche, très-probablement d'une carie. Après plusieurs mois de traitement, après des cautérisations au fer rouge, comme la guérison ne semblait point prochaine, le chirurgien se décida à enlever l'os. Il en enleva les deux tiers externes. Au bout de deux mois, la plaie était guérie et le malade quittait l'hôpital.

Deux ans après, ce malade revenait à l'Hôtel-Dieu pour une autre affection, et Blandin faisait remarquer à ses élèves qu'on trouvait « une série de noyaux osseux le long de la bride périostique qu'il avait eu le soin de conserver à la face postérieure de l'os, que ces noyaux se réuniraient sans doute et reconstitueraient la tige osseuse, quoiqu'il n'y eût pas eu de nécrose. »

Ainsi, voilà Blandin qui, après les travaux de Charmeil, de Heine, de Textor, de Syme, de Larghi, après les préceptes de M. Malgagne, de M. Velpeau, voilà Blandin qui enlève une portion de clavicule en conservant ce qu'il peut du périoste ; il n'annonce pas que l'os se reproduira, il ne dit pas qu'il s'inspire des recherches ou des travaux de tel ou tel ; non, il enlève simplement un os qui est une cause interminable de suppuration, et il l'enlève le mieux possible, mais beaucoup trop tard, au point de vue de la régénération. Au bout de deux ans il trouve des noyaux osseux à la place de la clavicule reséquée ; il espère que

ces noyaux se réuniront les uns aux autres, et il fait constater l'état des choses à ses élèves. Voilà le fait, voyons les conséquences.

En 1857, Blandin, étant mort depuis huit ans, M. Flourens écrit dans le livre intitulé : *De la Vie et de l'Intelligence :* « Je viens de dire que beaucoup d'amputations, de mutilations, pourront être prévenues.

« J'ai dit que pour conserver l'os, et par suite le membre, il suffisait de conserver le périoste, et que, le périoste conservé, rendrait l'os.

« J'ai dit enfin que de mes expériences physiologiques pouvait naître une chirurgie nouvelle.

« Cette chirurgie est née.

« Guidé par mes expériences, feu M. Blandin, cet homme si regrettable, enleva sur une malade une clavicule cariée en conservant avec soin le périoste. Au bout de quinze mois, la malade vint revoir son chirurgien avec une clavicule nouvelle. »

Nous ne savons quelle sera l'impression de nos lecteurs en lisant ces étranges paroles, où l'on voit un homme métamorphosé en femme, et quelques noyaux osseux fort irréguliers (et ils sont restés tels depuis) en une clavicule toute neuve.

Quant à nous, qui écrivons ces lignes, nous ne saurions accepter sans une énergique protestation l'énoncé de prétentions aussi exorbitantes et aussi injustes, et si nous ne savions que l'adulation plus ou moins intéressée est l'un des mobiles des actions humaines, nous ne comprendrions pas qu'il se fût trouvé quelqu'un pour les absoudre.

Comment ! voilà une idée chirurgicale qui s'élabore lentement pendant plus d'un siècle, qui, grâce aux travaux entassés des savants de tous les pays, progresse et déjà porte des fruits, un homme se lève alors et dit : C'est moi, c'est moi seul qui ai labouré tout ce champ, je prétends en recueillir tous les fruits ; avant moi tout était inculte, à côté de moi personne n'a travaillé !

Et n'est-ce pas pitié d'entendre prononcer ce mot de chirurgie nouvelle par un homme qui ignore absolument ce que c'est que la chirurgie, ce que l'âge, la constitution, la lésion, l'organe, peuvent apporter de changements divers et considérables aux résultats de l'expérimentation physiologique sur les animaux ?

Ouvrier de la science, de cette œuvre sans fin à laquelle l'homme travaille sans cesse, vous prétendez follement la renouveler parce que vous en avez remué un atome que d'autres avaient remué avant vous. Il faut pour ce rôle de réformateur de plus hautes conceptions et des vues plus fécondes!

Mais reprenons le cours de notre récit.

La même année où Blandin faisait sa resection de clavicule, M. Larghi, de Verceil, enlevait la presque totalité d'un humérus chez un jeune homme de quinze ans, et bientôt l'os se régénérait. Plus tard, il répétait la même opération, avec le même succès, sur un autre malade de vingt ans ; plus tard encore, il reproduisait, par la conservation du périoste, 22 centimètres de tibia reséqué. En 1856, M. Borelli, de Turin, obtenait le même succès en enlevant un humérus.

En France, plusieurs chirurgiens, Baudens, M. Nélaton, M. Maisonneuve et bien d'autres, appliquaient le précepte de conserver le périoste dans les resections osseuses de l'humérus, de la mâchoire, des côtes, des métacarpiens, etc.

En 1858, M. le professeur Sédillot, de Strasbourg, publia un mémoire sur un procédé opératoire auquel il donnait le nom d'*évidement des os*. Cette opération, souvent utile, consiste à mettre un os à nu et à détruire, en creusant dans la substance osseuse, toutes les parties malades. Ce procédé est ancien, et nous n'en aurions point parlé ici si M. Sédillot n'avait voulu invoquer, bien à tort, en faveur de son opération, le bénéfice des fonctions régénératrices du périoste, ou, disons mieux, le bénéfice du patronage du secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Vers la fin de la même année, M. Ollier, aujourd'hui chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu de Lyon, communiquait à la Société de biologie et à l'Institut un fait expérimental nouveau et remarquable. Il démontrait, par une série de préparations, que le périoste détaché de la surface d'un os et transporté soit entre les muscles, soit sous la peau, reproduit de la substance osseuse par son activité propre, que ces lambeaux périostiques conservent leur vertu même quand on les détache complétement, par leurs quatre bords, du périoste auquel on les emprunte, enfin que c'est la face profonde du périoste, celle qui est en rapport avec l'os, qui possède seule la faculté régénératrice.

Cherchant les applications chirurgicales de ses expériences,

M. Ollier écrivait : « Sans lancer notre imagination à travers des rêves irréalisables, nous croyons que la puissance de l'autoplastie s'élève d'un degré et qu'il sera possible de faire développer de l'os là où on en manque et où l'on a dû s'en passer jusqu'ici.

« Dans les restaurations du nez, par exemple, quand la charpente osseuse sera détruite, on pourra rechercher des lambeaux doublés de périoste pour y faire développer un support osseux. Dans les resections de la mâchoire, quand on sera obligé de sacrifier le corps de l'os et le périoste qui le recouvre, on ne devra pas perdre tout espoir de refaire un arc osseux qui retienne la langue et remplace jusqu'à un certain point la partie enlevée.

« L'*ostéoplastie périostique*, c'est-à-dire l'opération qui a pour but la production artificielle du tissu osseux par le périoste transplanté, est, dès aujourd'hui, une tentative rationnelle.

« Elle a son principe et sa raison d'être. »

En effet, ce principe ne devait pas tarder à être appliqué. M. Langenbeck, à Berlin, et M. Ollier lui-même, allaient lui devoir de remarquables succès dans diverses opérations pratiquées sur la face. Aussi peut-on dire, sans crainte d'erreur, que cette découverte allait donner une nouvelle et importante impulsion aux opérations qui mettent à profit les fonctions régénératrices du périoste.

IV

Prix de l'Institut. — État actuel de la question.

Sous l'influence des faits, des recherches, des travaux dont nous venons de parler, l'Académie des sciences s'était émue. Elle avait cru devoir encourager par l'espoir d'une haute récompense, encore rehaussée par la munificence impériale, des tentatives chirurgicales qui, selon le dire de son secrétaire perpétuel, semblaient devoir renouveler la chirurgie.

Dans sa séance du 25 mars 1861, elle mettait au concours pour 1866 la question suivante : *De la conservation des membres par la conservation du périoste*. Un prix de vingt mille francs sera la récompense du vainqueur.

L'Académie ajoutait cet avertissement prudent : Les concurrents ne sauraient oublier qu'il s'agit ici d'un travail pratique, qu'il

s'agit de l'homme, et que, par conséquent, on ne compte pas moins sur leur respect pour l'humanité que sur leur intelligence. »

C'était se montrer bien exigeant. Que peut vouloir dire : de la conservation des membres par la conservation du périoste? — Très-probablement cela signifie que l'on désire connaître des cas où le sacrifice du membre (amputation ou désarticulation) étant formellement indiqué dans l'état actuel de la chirurgie, on a pu néanmoins le soustraire à cette terrible éventualité en provoquant une régénération périostique par une resection partielle.

Mais la chirurgie de notre temps n'est point si destructive que cela fût bien facile à trouver. On voit d'ailleurs que les maladies des os sont seules en cause ici et que les grandes blessures des parties molles, leurs maladies propres, les tumeurs qui s'y développent, ne peuvent en aucune façon invoquer le bénéfice des fonctions périostales.

C'était un embarras, mais comme on avait compté sur l'intelligence des candidats, celle-ci ne se montra point en défaut.

On se souvient de ce que nous avons dit au commencement de ce travail sur la facilité, la fréquence des réparations osseuses consécutives aux nécroses. C'était une belle moisson à cueillir: elle appartenait bien un peu au voisin, à ce vénérable ancêtre qui a tantôt cent ans. Mais la tentation était grande, on n'y regarda pas de si près.

Ce fut alors une procession de succès tous plus nouveaux les uns que les autres. M. X. avait enlevé un séquestre et le périoste avait *rendu l'os;* celui-ci avait vu guérir une fracture, toujours grâce au périoste, et se glorifiait d'avoir sauvé un membre voué... à la guérison; celui-là avait enlevé une phalange et avait ainsi épargné à son malade une amputation de la jambe ou de la cuisse!

Les esprits se partagèrent alors en deux courants : les uns persistèrent à chanter à tout propos les louanges du périoste en rapportant les faits les plus vulgaires et les plus anciennement connus; les autres, et parmi eux on compte les chirurgiens les plus éminents, en vinrent, par une pente facile à concevoir, jusqu'à mettre en doute le fait incontestable de la régénération des os en dehors des cas de nécrose.

La discussion qui eut lieu, en 1863, au sein de la Société de chirurgie de Paris, peut donner la mesure de cette opposition. « Je voudrais, disait M. Huguier, qu'on me montrât un os traumatique-

ment altéré (par une blessure, fracture) sur lequel on eût fait cette resection sous-périostée et qui se fût reproduit. J'ai cherché comme tant d'autres à obtenir un pareil résultat, et j'ai constamment échoué. »

Qui donc a vu un os détruit par la carie se reproduire?... Personne.

« Que faut-il prouver? répondait M. Velpeau à l'un de nos collègues, que le périoste sain peut reproduire un os enlevé et non malade par ses faces. Or, je ne crains pas de dire que cela n'a pas encore été démontré. »

« Comment se fait-il, ajoutait un autre chirurgien, que depuis deux ans que la question est à l'ordre du jour, personne n'ait montré ici un os diaphysaire reproduit par le périoste? »

Et encore : Laissons dire à qui voudra et croire par qui voudra que les amputations sont désormais devenues inutiles parce qu'on peut à volonté faire *repousser des os*. Ceux qui émettent de semblables assertions et ceux qui les acceptent appartiennent à une catégorie qui n'a rien de commun avec la classe des savants et des chirurgiens éclairés; nous n'avons pas à nous en occuper.

Nous renonçons à citer ici l'ensemble des témoignages qui s'élevaient contre les dangereux excès de la prétendue chirurgie nouvelle : opérations inutiles ou insuffisantes, entraînant souvent une interminable suppuration et par conséquent de nombreuses chances d'accidents graves, tels sont les chefs d'accusation qu'on lui imputait.

MM. Sédillot, de Strasbourg et Marmy, de Lyon, disaient qu'on s'était trompé même dans l'expérimentation physiologique, que les régénérations osseuses par le périoste de la voûte palatine étaient un rêve, et ils fournissaient les preuves négatives et expérimentales de leur affirmation. C'était aller trop loin. M. Ollier a montré depuis, par des préparations soumises à la Société de chirurgie, que MM. Sédillot et Marmy avaient expérimenté dans de mauvaises conditions, et que les pertes de substances osseuses de la voûte palatine sont régénérées par le périoste quand l'animal, chat, chien ou lapin, est en bonne santé et qu'on attend assez longtemps.

Tout récemment encore, au congrès médical de Lyon, un chirurgien distingué de cette ville, M. Desgranges, mettant à l'écart les expériences sur les animaux, disait que les prétendus exemples de régénération des os chez l'homme n'étaient que le résultat

d'erreurs de diagnostic; qu'on avait enlevé à tort des os nécrosés avec les sécrétions osseuses nouvelles. Il demandait qu'on lui fournît la preuve directe que les opérations pratiquées sur les os de la face avaient été suivies de régénérations osseuses. et il concluait que l'idée théorique des reproductions périostales avait engagé la chirurgie dans une voie stérile et dangereuse.

Comme on le voit, si la chirurgie nouvelle a ses partisans, elle compte aussi des adversaires.

Ceux-ci ont sans doute exagéré la vérité en niant absolument la possibilité du succès. Il existe de loin en loin dans la science quelques cas où la resection d'une portion d'os était bien indiquée, et où elle a été suivie de régénération par le périoste. Le fait déjà cité de M. Borelli, de Turin, nous paraît rentrer dans cette catégorie. A ce même congrès de Lyon où M. Desgranges exposait ses doutes, M. Aubert, de Mâcon, montrait un jeune homme chez lequel dix centimètres de l'extrémité inférieure du tibia reséqué pour une carie ou une ostéite s'étaient complétement régénérés. Les membres du congrès avaient en même temps sous les yeux le malade guéri et l'os reséqué, c'est-à-dire tous les éléments de la cause. On pourrait invoquer encore quelques autres faits, mais ils nous paraissent trop peu probants, quant à leurs résultats, pour que nous les citions ici.

Avant de conclure, il nous reste encore à faire connaître quelques faits importants. Peu de temps après la publication des travaux de M. Ollier sur la transplantation du périoste, M. Langenbeck, de Berlin, songea à profiter de ce fait absolument nouveau, pour quelques opérations sur les os de la face. Dans certains cas, il transporta un lambeau de parties molles doublées de périoste sur une perte de substance congéniale ou accidentelle d'une paroi osseuse. Le succès ne se fit pas attendre, et le chirurgien de Berlin trouva bientôt de nombreux imitateurs. Il faut s'entendre cependant sur le mot succès. Il est bien certain que les lambeaux se réunirent solidement et que le but de l'opération fut atteint, mais à l'heure actuelle, il n'est pas encore prouvé que chez l'homme, le périoste transplanté ait reproduit de la substance osseuse; peut-être n'a-t-il fait que faciliter la réunion des lambeaux et maintenir leur solidité.

Dans d'autres cas, M. Langenbeck utilisa le périoste comme charnière, lui permettant de déplacer provisoirement des portions

d'os, qu'il pouvait ensuite rétablir dans leur situation et leurs fonctions primitives.

Dans cette voie très-particulière, M. Ollier, qui l'avait tracée et qui en avait entrevu la direction, obtint de remarquables succès. Des opérations de rhinoplastie (reconstitution du nez), de déplacement provisoire du maxillaire supérieur, ont établi de nouvelles preuves en faveur de la transplantation du périoste. Les limites de cet article ne nous permettent pas de décrire en détail ces importantes opérations qui réclameraient de longues pages.

Nous n'en aurions pas parlé si nous avions voulu nous borner à la conservation des membres par la conservation du périoste; mais, désireux de franchir les étroites et fausses limites d'une question mal posée, nous avons cherché à fournir à nos lecteurs les bases d'un jugement d'ensemble sur les fonctions réparatrices du périoste et sur l'application qu'on en peut faire dans les opérations chirurgicales.

Nous avons dit comment et à quelle époque ces fonctions avaient été découvertes, comment l'expérimentation ultérieure avait corrigé les premiers résultats entachés d'erreur. Nous avons fait voir ce qu'étaient ces fonctions et dans quelles conditions elles se manifestaient. Puis nous avons montré la chirurgie suivant pas à pas l'expérimentation physiologique et mettant à profit chacune de ses découvertes. Enfin, nous avons voulu mettre nos lecteurs en garde contre les entraînements irréfléchis des trompeuses espérances qu'une parole sonore avait voulu semer dans le public.

Nous le déclarons sans détour et sans grande crainte d'erreur, depuis trois ans que la question a été mise au concours par l'Institut, nous ne connaissons pas un seul fait où un membre ait été soustrait à l'amputation par une opération sous-périostée. Nous savons bien qu'on nous citera bruyamment des faits contraires, mais nous savons aussi que ces faits apocryphes ne résisteraient pas à l'examen d'une assemblée scientifique, pas plus que n'y ont résisté tous ceux qui ont été produits.

Mais si, écartant le point de vue de la conservation des membres, on nous demande si la conservation du périoste est utile dans la pratique chirurgicale, nous répondrons sans hésiter par l'affirmative. Elle est utile à divers points de vue, mais il ne faut pas s'imaginer qu'elle constitue une panacée universelle, et l'employer lorsqu'elle n'est ni nécessaire, ni indiquée, ni rationnelle.

Nous pensons, non avec tous les chirurgiens, mais avec un certain nombre d'entre eux, et nous avons toujours conformé notre pratique à cette opinion, qu'il faut conserver le périoste dans tous les cas où on fait une resection osseuse. Nous écrivions, il y a deux ans : « Au point de vue opératoire, la conservation du périoste a un immense avantage qui se résume en deux idées simples : sécurité absolue dans la manœuvre, diminution considérable dans l'étendue de la plaie. En effet, il est clair que si, dans une resection, votre rugine ne quitte jamais la surface propre de l'os, si le périoste vous sépare comme une barrière de toutes les parties molles, vous ne risquez jamais de toucher aucun organe autre que cet os et ce périoste que vous séparez ; vous faites juste ce qu'il faut et rien que cela. Entre l'arbre et l'écorce il n'y a pas de place. De plus, toute la cavité de la plaie qui représente le moule osseux est sèche, exsangue ; ce n'est pas, à vrai dire, une surface traumatique, mais le périoste avec ses qualités utiles de résistance physique et vitale. »

Ces avantages seront souvent les seuls ; mais dans quelques cas bien déterminés, on verra se développer un nouvel os à la place de l'ancien, on obtiendra une régénération. Celle-ci sera d'autant mieux favorisée que le périoste aura été plus complétement séparé de l'os, que la resection sera moins étendue, que le sujet sera plus jeune.

Disons, enfin, que l'ostéoplastie périostique créée par M. Ollier semble appelée à fournir à la chirurgie des ressources nouvelles pour les opérations réparatrices. Les résultats déjà obtenus sont fort encourageants, mais l'idée est si récente qu'on ne saurait encore en déterminer toutes les applications. En tous cas, il paraît infiniment probable qu'elle restera le plus beau trophée de la lutte scientifique sur les fonctions régénératrices du périoste.

U. Trélat.

MÉDECINE

LA CIRCULATION DU SANG

TRAVAUX RÉCENTS DE M. MAREY [1].

S'il est vrai que ce qui nous touche de plus près est aussi ce qui nous intéresse davantage, il n'est pas d'étude qui présente plus d'attrait que la physiologie et la médecine. Nous voulons connaître par le détail nos organes, leurs fonctions; nous voulons prévoir leur lésion et y remédier, non-seulement pour mieux connaître la *guenille qui nous est chère*, mais aussi pour remédier aux souffrances de ceux que nous aimons. L'objet des recherches de cette science est par malheur des plus complexes, et il n'est possible de faire un pas sur son domaine, qu'après avoir approfondi plusieurs autres études qui sont comme la clef de la physiologie; il nous faut d'abord connaître la structure même des organes, ce que nous enseigne l'anatomie; il nous faut encore comprendre le mode de fonctionnement de ces organes mêmes, et pour y arriver il faut que les sciences physiques viennent à notre aide. Avant que Lavoisier eut indiqué la composition de l'air, qu'il eût reconnu que l'air expiré diffère de l'air inspiré et comment il en diffère, la connaissance de la structure du poumon restait lettre morte. — La chimie a ainsi joué dans l'étude de la physiologie un rôle des plus importants; M. Cl. Bernard, notamment, a dû à un heureux emploi de cette science ses plus remarquables découvertes; la physique n'est pas moins nécessaire, et il eût été impossible de comprendre combien est admirable la structure de l'œil si l'on n'eût

[1] *Physiologie médicale de la circulation du sang*, basée sur l'étude graphique des mouvements du cœur et du pouls artériel par M. le docteur E. J. Marey, un vol. in-8°. — Delahaye. Paris, 1863.

d'abord connu les lois de la réfraction. — Ce n'est plus, dans le travail que nous résumons ici, à la physique ou à la chimie que nous devons faire appel, mais bien à la mécanique. L'auteur, M. le docteur Marey, s'est trouvé devant un mouvement qu'il voulait étudier dans ses nuances les plus délicates; et il a dû d'abord rechercher, parmi les appareils destinés à étudier les mouvements, ceux qui présentent le plus de précision et de finesse, ceux enfin qui laissent une trace visible, écrite, de ces mouvements même. Depuis longtemps, M. le général Morin, le savant directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, a imaginé pour représenter les mouvements qu'il veut étudier une méthode graphique très-simple : un corps se meut plus ou moins vite suivant une ligne verticale ; s'il est armé, au moment de sa chute ou de son oscillation, d'une plume, il pourra tracer, sur une feuille de papier placé devant lui pendant son mouvement, une ligne droite. Ce tracé sera peu instructif ; mais on conçoit facilement que si la feuille de papier est elle-même animée d'un mouvement de translation régulier dans le sens horizontal, le corps en mouvement ne tracera plus une ligne droite, mais bien une courbe à l'aide de laquelle le mouvement sera caractérisé, car la ligne indiquera à la fois : l'espace parcouru par la trace même qu'elle laissera sur le papier, et le temps employé à parcourir cet espace, puisqu'on verra comment la ligne se déplace sur la feuille de papier animée d'un mouvement régulier et d'une vitesse connue.

Un des caractères auxquels le médecin reconnaît l'état de la circulation est le mouvement du pouls ; en comprimant sur un plan osseux une des artères, on perçoit le choc des ondées du sang qui vient butter contre l'obstacle créé à son passage ; la fréquence du pouls, son intensité, sa régularité sont faciles à apprécier au toucher; il peut être, disait Thomas Diafoirus, « duriuscule, pour ne pas dire dur, repoussant et même un peu capricant. » Notre pauvre grand comique raillait la médecine qui ne le guérissait pas ; et cependant, si peu avancée qu'elle fût, la pratique du dix-septième siècle appréciait le mouvement du pouls comme on le fait encore aujourd'hui quand on n'emploie pas l'ingénieux *sphygmographe* de M. Marey. Grâce à cet instrument, le médecin pourra ne plus se fier seulement à son toucher, si exercé qu'il soit, il aura sous les yeux un tracé du mouvement du pouls sur lequel l'expérience lui apprendra bientôt à lire ; et il n'aura qu'à

reconnaître les caractères que la maladie elle-même se chargera d'écrire.

M. Marey a non-seulement porté ses investigations sur le pouls, il a voulu aussi étudier les mouvements du cœur lui-même, et son *cardiographe* sur lequel s'écrivent les battements de ce viscère n'est pas moins curieux que l'appareil qui sert à enregistrer les mouvements du sang dans les artères. Enfin, M. Marey ne se contente pas d'analyser plus rigoureusement qu'on ne l'a fait avant lui tous les phénomènes de la circulation, en utilisant des appareils infiniment plus précis que ceux qu'on avait employés jusqu'à présent, il veut être sûr que rien n'échappe à son investigation, et il éclaire son sujet par de remarquables expériences de synthèse.

Persuadé que si nous ignorons l'origine de la vie, celle-ci utilise plus souvent qu'on ne pense les forces physiques qui agissent sur la matière inerte, M. Marey entreprend de reproduire avec des tubes, des ampoules et des soupapes de caoutchouc l'appareil circulatoire tout entier : il y arrive. Non-seulement on entend, en face de cet appareil, des bruits semblables à ceux du cœur, non-seulement le doigt placé sur l'un des tubes qui simule les artères y sent battre le pouls, mais encore le sphygmographe, fixé sur un tube élastique où circule de l'eau, affirme par ses indications qu'il est impressionné de la même façon que lorsqu'on l'attache sur l'artère radiale. Dès-lors le physiologiste est armé d'une puissance nouvelle ; il peut apporter à l'appui de ses observations l'expérience qui lui est si souvent interdite ; et s'il prévoit l'existence d'une lésion dans l'appareil circulatoire, il peut, en l'imitant avec des tubes et des ampoules, confirmer son diagnostic en voyant se reproduire les signes que lui a fournis l'observation sur le malade. *La Physiologie médicale de la circulation du sang* nous paraît donc un livre très-original, très-nouveau, et nous avons cru devoir en présenter l'analyse aux lecteurs de l'*Annuaire*.

I

Historique de la découverte de la circulation du sang.— Galien. — Vésale.— Fabrice d'Acquapendente. — Michel Servet. — Harvey.

C'est lentement que la science est arrivée à se faire une opinion quelque peu précise sur la circulation du sang. L'ancienne méde-

cine supposait que les veines seules renfermaient ce liquide, les artères au contraire ne contenaient que de l'air qui leur arrivait par la plus grosse de celles-ci, la trachée-artère. Galien fit faire un pas en avant, il montra que les artères, comme les veines, renferment du sang; pour lui le sang circule dans les artères et y détermine les battements du pouls ; il remarqua même que le sang veineux est différent du sang artériel; mais à côté de cette idée exacte il commet plusieurs erreurs regrettables. Pour lui, la cloison qui sépare les deux ventricules et les deux oreillettes du cœur en deux parties complétement distinctes est percée; Galien prétend avoir vu les trous ; il affirme pouvoir les montrer à tous ceux qui le désirent, et cette erreur, propagée par tous les anatomistes qu'entraînait la haute réputation de Galien, persiste dans la science jusqu'au seizième siècle, où Bérenger de Carpi, d'abord, déclare que les trous ne sont pas bien visibles, ou enfin Vésale affirme qu'ils n'existent pas. Ce n'est pas à lui toutefois, mais bien à l'infortuné Michel Servet qu'il faut attribuer l'importante découverte de la circulation pulmonaire. « La communication [1], dit Servet, c'est-à-dire le passage du ventricule droit dans le ventricule gauche ne se fait pas à travers la cloison mitoyenne des ventricules comme on se l'imagine communément; mais par un long et merveilleux détour, le sang est conduit à travers le poumon où il est agité, préparé, où il devient jaune, et passe de la veine artérieuse dans l'artère veineuse. » Tout en supposant la cloison des ventricules percée, Galien savait très-bien que le sang du ventricule droit passait, du moins en partie, par le poumon ; Vésale le savait aussi. Mais ce n'était là que la moitié de l'idée, la moitié du fait. L'idée complète, l'idée entière qui nous a donné la connaissance de la circulation pulmonaire a été de comprendre que le sang passe de l'artère pulmonaire dans la veine pulmonaire, revient au cœur gauche par celle-ci, en un mot, que le sang sorti du cœur revient au cœur, qu'il y a par conséquent circulation, circuit ; cette idée, cette grande idée, cette idée si neuve de circulation, de circuit, Servet est le premier qui l'ait eue. »

Servet va plus loin encore : il comprend que le poumon est le siége de la transformation du sang noir en sang rouge. Ainsi un grand pas est fait dans la saine explication des diverses fonctions

[1] Flourens, *Histoire de la découverte de la circulation du sang.*

de l'appareil circulatoire ; on comprend le mouvement du sang noir vers le poumon ; on voit le changement important qui se manifeste dans ses propriétés ; on le suit enfin revenant au cœur.—Toutefois, si la circulation pulmonaire commence à être comprise, la vieille erreur qui faisait couler le sang du cœur aux membres par les veines est encore admise. Cœsalpin, cependant, remarque que, depuis un temps immémorial, les médecins qui veulent faire une saignée, font une ligature au-dessus du point qu'ils veulent saigner pour faire gonfler la veine, et que si le sang arrivait du cœur, la ligature devrait être au-dessous. Une découverte en appelle une autre ; Fabrice d'Acquapendente découvre, en 1574, les valvules des veines ; il voit qu'elles ne laissent passer que le sang qui coule vers le cœur, et cependant la conséquence qu'il en fallait tirer lui échappe ; plusieurs faits sont donc déjà découverts quand arrive Harvey (1619) qui réunit et résume toutes les observations de ses devanciers, les contrôle et en tire enfin l'explication claire, nette, précise, de la circulation. Harvey remarque que, dans le cœur gauche et dans le cœur droit, l'oreillette et le ventricule se contractent successivement ; quand l'oreillette droite se contracte, elle envoie le sang dans le ventricule droit ; celui-ci, d'abord gonflé, se contracte à son tour, et le sang passe dans l'artère pulmonaire ; puis, après avoir traversé le poumon, il revient à l'oreillette gauche par la veine pulmonaire, descend dans le ventricule gauche et, pénétrant enfin dans l'aorte, il est lancé dans l'organisme. — Le jeu des valvules qui empêchent le sang de remonter des ventricules dans les oreillettes, des oreillettes dans les veines, de retourner en arrière quand il chemine dans celles-ci, est parfaitement saisi.

Comme tous les grands changements qui bouleversent la science, qui changent complétement l'enseignement, et montrent de combien d'erreurs fourmillait la science officielle, la découverte d'Harvey fut d'abord repoussée ; notre faculté de Paris y mit un ridicule entêtement ; mais si le génie du grand médecin anglais fut ainsi méconnu par les hommes médiocres, un des savants les plus illustres dont puisse s'honorer la France, Descartes, comprit que du côté d'Harvey était la vérité. « Mais si on demande comment le sang des veines ne s'épuise point en coulant ainsi continuellement dans le cœur, et comment les artères n'en sont point trop remplies, puisque tout celui qui passe par le cœur va s'y

rendre, je n'ai pas besoin de répondre autre chose que ce qui a été dit par un médecin d'Angleterre auquel il faut donner la louange d'avoir rompu la glace en cet endroit, et d'être le premier qui ait enseigné qu'il y a plusieurs petits passages aux extrémités des artères, par où le sang qu'elles reçoivent du cœur entre dans les petites branches des veines d'où il va se rendre de rechef vers le cœur; en sorte que son cours n'est autre chose qu'une circulation perpétuelle. » Pour aller plus loin, pour comprendre le rôle de la circulation pulmonaire, il fallait que la chimie fût faite; Jean Mayow, au dix-septième siècle, touche cependant le but. « Il n'est pas douteux, dit-il, qu'il n'entre dans le sang par la respiration quelque chose d'aérien, nécessaire à la vie. Ce n'est pas au seul broiment du sang que les poumons sont destinés [1]. » Priestley, Scheele, plus tard, dans les travaux qu'ils publièrent sur l'air atmosphérique, approchèrent de la vérité sans l'atteindre complétement; et c'est seulement à Lavoisier qu'on doit la connaissance du véritable rôle de l'air dans la respiration; c'est lui qui comprit que le sang s'y charge d'oxygène qui, entraîné dans la circulation, brûle lentement les matières combustibles qu'y versent les aliments et que de cette combustion dérive la chaleur animale.

II

Étude du cœur. — Appareil synthétique de M. Marey. — Cardiographe.

Par une observation attentive, en s'aidant des vivisections, les anatomistes sont arrivés à décrire complétement l'appareil de la circulation; ils ont vu le sang exécuter son perpétuel mouvement et sans cesse partir du cœur pour y revenir; ils l'ont vu sortir par jets puissants et discontinus des artères ouvertes, s'écouler plus lentement au contraire, mais avec une force constante des veines; ils ont senti les battements du cœur, ils en ont entendu les bruits, ils ont pressé du doigt les artères et les ont senties se soulever, fortement ou faiblement, avec un rhythme régulier ou varié, etc. Quelles sont les forces qui produisent ces mouvements, ces bruits, à quoi sont dus ces bruits eux-mêmes, les artères ont-elles

[1] Voyez dans le 1er volume de l'*Annuaire*, *Deux chimistes oubliés*, et dans le 3e volume, *La chaleur animale*.

une force spéciale, le cœur suspendu dans la poitrine y est-il dans une perpétuelle oscillation, ou bien ses mouvements sont-ils dus à un gonflement périodique? — Sans doute l'observation avait déjà résolu une partie de ces questions; mais une autre méthode permet de les éclairer encore plus complétement. — On peut imaginer un appareil qui représente assez nettement l'ensemble du cœur et des vaisseaux pour que tous les phénomènes que nous voyons se produire chez les êtres vivants s'y manifestent très-nettement. Sans parler du *schema*[1] *de Weber*, nous allons essayer de donner une idée de l'appareil de M. Marey, qui est beaucoup plus parfait. — Le cœur, comme chacun sait, est divisé longitudinalement par une cloison qui le sépare en deux compartiments semblables; aussi M. Marey a-t-il pu réduire l'appareil qui doit représenter le cœur à un de ces deux compartiments, formé lui-même d'une poche supérieure nommée oreillette, d'une poche inférieure ou ventricule (fig. 1). — Deux ampoules V et O, l'une et l'autre en caoutchouc, représentent le ventricule et l'oreillette; elles communiquent par un tube de verre qui porte une petite soupape VM de gomme élastique pouvant s'ouvrir de l'oreillette au ventricule, mais restant fermée quand le liquide veut passer, au contraire, du ventricule à l'oreillette. Par la

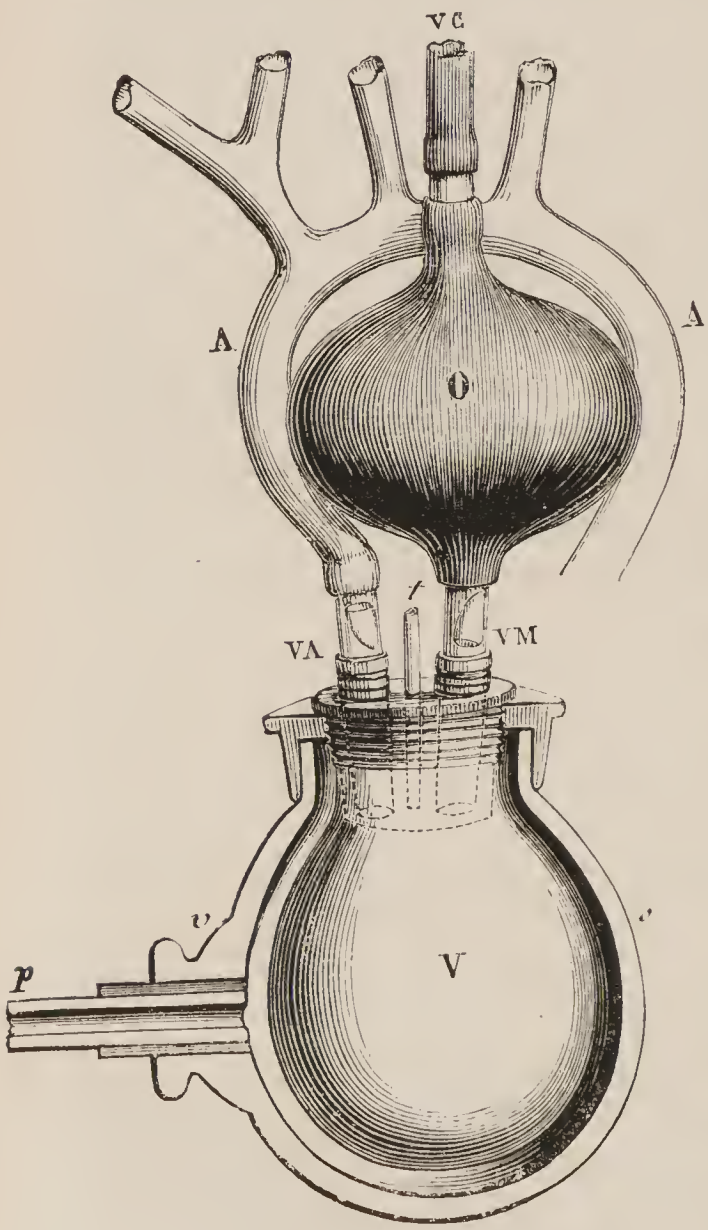

Fig. 1.

[1] σχῆμα, figure, modèle.

partie supérieure, l'oreillette reçoit de l'eau à l'aide d'un tube qui figure la veine cave. Le ventricule ou plutôt le sac en caoutchouc qui le représente est fermé par un bouchon portant une première tubulure dans laquelle est mastiqué le tube qui communique avec l'oreillette et un deuxième tube de verre sur lequel est placé un caoutchouc AA qui représente l'artère aorte et ses branches; une tubulure latérale du ballon donne passage à un tuyau qui se termine par une petite poire en caoutchouc pleine d'air qui peut se fouler dans la main. — Supposons notre appareil plein d'eau et suivons les mouvements que va déterminer l'air comprimé dans la poire en caoutchouc quand il va presser sur le ventricule placé à l'intérieur du ballon. Évidemment celui-ci va être contracté et l'eau qu'il renferme va tendre à sortir; elle ne pourra remonter dans l'oreillette : car la petite soupape, le petit sac en caoutchouc que renferme ce tube va le fermer; elle va donc s'élancer dans le second tube AA qui figure l'aorte, et passera de là dans un système de tubes ramifiés représentant les vaisseaux sanguins de différents ordres. La main cesse de fouler la poire en caoutchouc ; l'air, par conséquent, ne comprime plus le ventricule, qui se dilate et qui reçoit une nouvelle quantité d'eau de l'oreillette toujours pleine. L'eau lancée dans le tube qui figure l'aorte ne peut retourner dans le ventricule au moment où il se dilate, car l'orifice du tube aortique est muni d'une valvule ou soupape qui s'ouvre quand le ventricule se contracte, tandis qu'elle se ferme au moment où il se dilate pour recevoir l'ondée que lui envoie l'oreillette. Le ventricule est donc empli et gonflé de nouveau; mais il se contracte en envoyant encore un nouveau flux d'eau dans le tube qui figure l'aorte. Il s'emplira encore, puis se contractera de nouveau sous l'influence de l'air pressé dans la poire.

On aura ainsi une représentation très-exacte des mouvements du cœur. Applique-t-on, en effet, l'oreille sur cet appareil, on entendra des bruits semblables à ceux qu'on perçoit en auscultant un homme en bonne santé; met-on un doigt sur un des tubes en caoutchouc qui figurent les artères, on aura l'impression qu'on éprouve quand on sent battre le pouls; le doigt sera soulevé toutes les fois que l'artère sera dilatée par la nouvelle ondée qui y pénètre. Si enfin l'extrémité des tubes AA figurant les artères porte de petits ajutages étroits formés par des tubes de verre étirés, on verra le mouvement saccadé de l'eau dans les tubes de caout-

choue se transformer en un écoulement régulier et constant, et l'eau en sortira d'une façon continue comme le sang s'écoule d'une veine après qu'elle a été ouverte.

A l'aide de son appareil synthétique, M. Marey peut donc simuler les mouvements du cœur, en entendre les bruits, et reproduire ce qui se passe dans le cœur d'un mammifère en santé; on conçoit, dès lors, combien il devient facile de comprendre la signification de chacun des bruits que fait entendre chacun des mouvements que produit le cœur enfermé dans la poitrine; on reconnaît, à n'en plus douter, que les bruits du cœur viennent du claquement des soupapes qui s'ouvrent et se ferment; si donc, auscultant un malade on reconnaît que les bruits ne conservent pas leur intensité, leur timbre ou leur intervalle normal, on peut conclure que les valvules, les soupapes de l'être vivant, ne fonctionnent pas régulièrement.

Mais cet appareil, qui établit nettement la simplicité du mécanisme de la circulation et qui permet d'en reproduire les principaux phénomènes, est insuffisant pour analyser avec toute l'exactitude désirable les mouvements des diverses parties du cœur; on ne peut lui demander comment se succèdent les contractions de ces diverses parties et à quel instant d'une révolution du cœur correspond la pulsation cardiaque, ce battement que perçoit la main appliquée sur la poitrine. — Pour arriver à connaître ces différents mouvements, M. Marey emploie un moyen aussi hardi qu'ingénieux; il fait pénétrer dans les diverses cavités du cœur, il introduit, entre les côtes et le cœur lui-même, des appareils qui devront être impressionnés par les mouvements des cavités dans lesquelles ils se trouvent; M. Marey va plus loin, il veut que ces alternatives de compression et de relâchement s'écrivent elles-mêmes ; il ne laisse aucune place à l'observateur entre le phénomène et sa reproduction écrite... Supposons donc que deux vessies pleines d'air soient reliées entre elles par un long tube de caoutchouc : si l'on comprime entre les doigts l'une de ces vessies, une partie de l'air qu'elle renferme passera dans la seconde et la gonflera; si un levier s'appuie sur cette seconde vessie, il sera évidemment soulevé à chaque dilatation de cette dernière. La figure 2 permet de comprendre ce mécanisme sans de plus amples explications. Ici la seconde vessie qui porte le levier est formée par une caisse métallique T, dont la paroi supérieure est une mem-

brane de caoutchouc que soulèvera l'air en entrant dans la caisse. On voit qu'en *p* le levier *l* se recourbe légèrement en bec de plume; on conçoit facilement que si un mouvement d'horlogerie fait passer devant la plume une bande de papier, la plume soulevée et abaissée tour à tour, suivant que la membrane sera elle-même plus ou moins déplacée, écrira sur la feuille de papier une représentation exacte des contractions et des dilatations de la vessie. — Mais ce n'est pas par la main de l'observateur que la vessie doit être comprimée, il faut qu'elle pénètre dans le cœur pour que les contractions qu'elle subira soient celles du cœur lui-même. On arrive à introduire les ampoules pleines d'air dont la dilatation et la contraction se transmettra aux vessies sur lesquelles reposent les leviers dans le cœur, en ouvrant une des veines du cou et en faisant parcourir à l'ampoule, fixée sur un tube rigide, le chemin que suit le sang lui-même pour arriver au cœur. — Il peut paraître, sans doute, singulier qu'on fasse pénétrer une sonde et une ampoule dans l'oreillette et dans le ventricule sans que les animaux périssent; mais M. Marey, qui dans cette partie de son travail s'était associé M. Chauveau, professeur à l'École vétérinaire de Lyon, assure qu'un cheval ne souffre nullement de cette opération, qui semble au premier abord si hardie et si cruelle. — Dans l'appareil de M. Marey, une ampoule est placée dans l'oreillette, une autre dans le ventricule; une troisième, entre les muscles de la poitrine, reçoit les chocs du cœur; trois systèmes de levier adaptés à chacune des ampoules écrivent les mouvements et permettent de juger de leur succession. — Ce procédé ingénieux a permis d'éclaircir complétement la question si discutée du choc du cœur, qu'il faut attribuer à la contraction, et non à la dilatation du ventricule; les expériences multipliées faites sur ce sujet ont définitivement entraîné l'adoption de cette opinion.

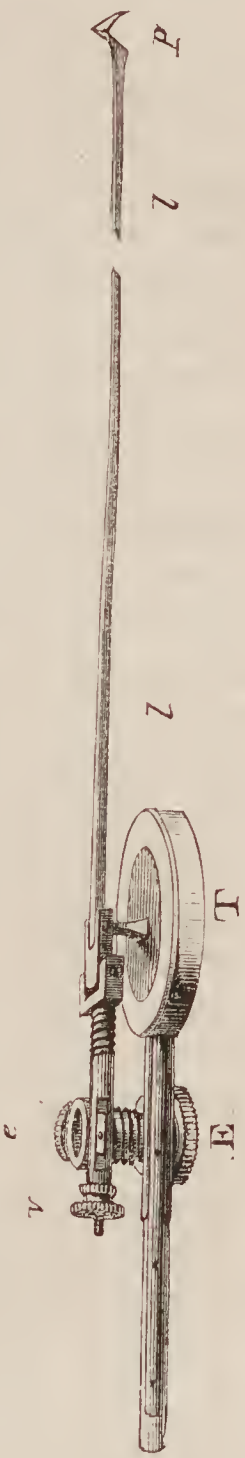

Fig. 2.

Le cardiographe de M. Marey, employé d'abord à ses recherches analytiques sur les mouvements du cœur, vient montrer l'exactitude de son appareil synthétique, car celui-ci permet de reproduire non plus seulement les bruits du cœur, mais aussi de suivre dans tous leurs détails chacun de ses mouvements; plaçons, en effet, les ampoules dans le cœur artificiel comme dans le cœur vivant et nous verrons les courbes que trace le cardiographe, semblables à celles qu'il fournissait quand il fonctionnait sur l'être vivant, affirmer par leur identité que l'imitation est parfaite.

On peut aussi déterminer, à l'aide de ces appareils, à quelle pression correspond la force qui agit dans le cœur pour lancer le sang dans les artères. — Dans un flacon, on place les ampoules de caoutchouc communiquant aux leviers; à ce flacon est adapté d'autre part un manomètre à mercure; enfin une pompe permet de fouler dans le flacon de l'air jusqu'à ce que le levier soit monté au point qu'il atteignait quand, placé dans le cœur, il en recevait la pression; on regarde alors la hauteur du mercure dans le manomètre qui mesure ainsi la pression cardiaque. M. Marey a trouvé par ce procédé que la pression dans l'oreillette droite chez un cheval était environ de $2^{mm},5$, la pression dans le ventricule droit était de 25 à 29 et 30 millimètres, et qu'enfin elle variait dans le ventricule gauche de 95 à 128 et à 140 millimètres.

Le cardiographe n'est qu'un appareil de recherche; il ne peut être utilisé que dans un but purement scientifique; et si l'on veut étudier la circulation sur un malade, ce n'est plus au cœur lui-même qu'il faut demander d'accuser les lésions, mais bien aux artères, qui, arrivant quelquefois près de la peau, peuvent être facilement explorés. Suivons donc M. Marey dans l'étude minutieuse qu'il fait de la circulation artérielle.

III

Les artères. — Leur élasticité et leur contractilité. — Influence du système nerveux. — Étude du pouls. — Ses différentes formes. — Sphygmographe.

Le cœur lance le sang dans les artères par jets puissants mais intermittents, et cependant, si on ouvre une veine, le sang en sort avec une vitesse constante; il faut attribuer cette transformation

de mouvement à l'élasticité des artères. M. Marey, qui n'est jamais à court de démonstration pour prouver ce qu'il avance, dispose sur un flacon rempli d'eau et muni d'une tubulure inférieure un conduit muni d'un robinet et qui se termine en deux branches : l'une porte un tube en caoutchouc, l'autre un tube de verre, terminés l'un et l'autre par des orifices étroits ; si l'on ouvre et si l'on ferme alternativement le robinet de façon que l'eau arrive d'une manière intermittente dans les deux branches du tube, on voit que le tube de verre fournit à son orifice d'écoulement des jets de liquide intermittents comme les afflux eux-mêmes, tandis que le tube élastique donne un écoulement continu et régulier, c'est-à-dire qu'il a transformé le mouvement qu'il avait reçu, et cela, par suite de l'élasticité de ses parois.

Pour que cette transformation de mouvement s'exécute d'une façon complète, il est nécessaire que le liquide ait circulé longtemps au travers de tubes élastiques ou qu'il ait rencontré la résistance d'un orifice étroit ; ainsi, si l'on ouvre une artère voisine du cœur, on voit le sang sortir par jets saccadés ; l'écoulement du sang est plus régulier, au contraire, quand on ouvre une artère éloignée du cœur. Quand enfin le sang a passé par les capillaires qui relient les artères aux veines, il a pris un mouvement tout à fait régulier. L'appareil schématique de M. Marey permet d'arriver aux mêmes résultats, et il est facile de reconnaître que les tubes de caoutchouc terminés par des tubes de verre effilés lancent l'eau d'une façon continue, encore qu'ils la reçoivent par des impulsions saccadées.

Cette élasticité des artères a non-seulement pour effet d'envoyer dans tout l'organisme le sang d'une façon continue, elle diminue aussi l'effort que doit faire le cœur pour faire couler le sang dans les artères. L'expérience précédente a démontré que de deux tubes de nature différente, et de diamètre égal, recevant d'une façon intermittente des quantités d'eau égales, celui qui est élastique en débitait une plus grande quantité. Ainsi l'élasticité des artères diminue la force d'impulsion que le cœur doit dépenser, et cette force augmente dans la vieillesse quand les artères ossifiées ont perdu une partie de leur élasticité.

Non-seulement les artères sont élastiques, elles sont aussi contractiles : Hunter et M. Claude Bernard l'ont démontré ; le savant chef de la physiologie française a fait voir que les filets du grand

sympathique, animant les vaisseaux capillaires qui mettent en communication les artères et les veines, produisent, quand on les excite, la contraction de ces capillaires.

Ces connaissances étant bien établies, nous allons comprendre nettement ce qu'est le pouls et ce que signifient les changements qu'accuse l'observation la plus superficielle. — Si, en appliquant une artère contre un plan osseux, on la comprime, on sentira le sang qui vient butter contre l'obstacle ainsi créé; s'il n'est d'autre force dans le système circulatoire que celle du cœur, les battements du pouls indiqueront l'énergie des contractions du cœur ; cette énergie variera non-seulement avec la puissance motrice, mais aussi avec la résistance qui devra être vaincue. Lorsqu'une pompe pousse alternativement avec une force constante un liquide dans des tubes de deux diamètres différents, il est certain que dans le tube le plus fin le mouvement sera plus retardé, et par suite la pompe elle-même devra fonctionner plus lentement; si au contraire le canal est largement ouvert, l'écoulement sera facile et la pompe fonctionnera plus vite, encore que la force qui l'anime dans les deux cas soit la même : cette image rend compte de ce qui se passe dans la circulation. Pour M. Marey, le cœur agit toujours avec une force semblable ; mais s'il rencontre une faible résistance à pousser le liquide qu'il renferme, il met le temps à profit et son mouvement se précipite; si, au contraire, l'effort qu'il doit faire est plus considérable, par suite des résistances plus grandes qu'il rencontre sur son chemin, son mouvement se ralentit. L'obstacle facile à vaincre ou pénible à surmonter, c'est le réseau des capillaires plus ou moins contractés sous l'influence du grand sympathique dont M. Marey fait le régulateur de la circulation ; si les filets que ce nerf envoie aux petits vaisseaux déterminent leur contraction, le mouvement du cœur se ralentit; si, au contraire, le système nerveux agit sur ces petits vaisseaux pour les relâcher, le mouvement du cœur s'accélère.

S'agit-il maintenant de suivre ce mouvement plus ou moins rapide, de l'apprécier exactement, il faut consulter le pouls qui, par son mouvement plus ou moins rapide, plus ou moins fort, accusera le mouvement même du cœur qui envoie l'onde sanguine butter contre les parois de l'artère. Si la fréquence du pouls, si sa force peuvent être facilement appréciées à l'aide du chronomètre, à l'aide du toucher, il est sans doute bien des formes de mouvement plus

compliquées, plus délicates qu'un instrument enregistreur seul peut faire saisir.

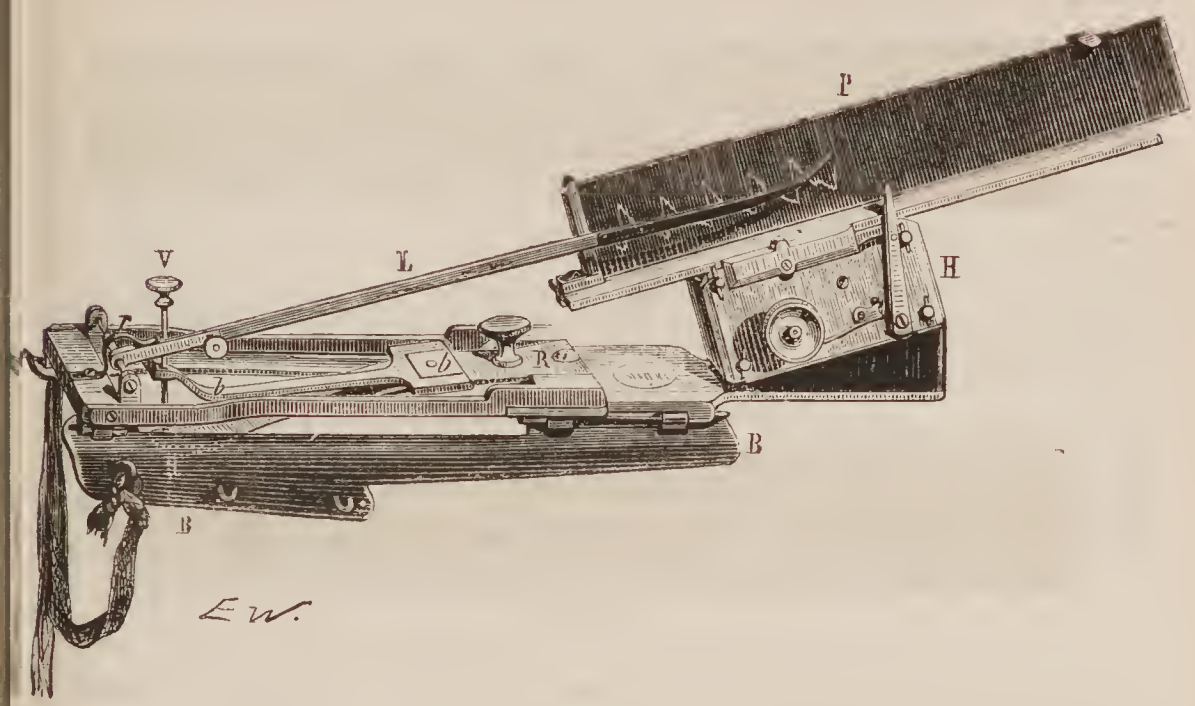

Fig. 3.

Le sphygmographe de M. Marey est représenté dans la figure 3; une plaque de bois B est attachée sur le bras à l'aide d'un cordon, de telle sorte que l'extrémité en ivoire R du ressort RR s'applique sur l'artère qu'il s'agit d'explorer; ce ressort d'acier comprime l'artère; mais chacun des mouvements de celle-ci, soulevant ce ressort, transmettra son mouvement au levier L, qui prendra ainsi un léger mouvement de va-et-vient; on conçoit, enfin, que si l'extrémité de ce levier s'appuie sur une feuille de papier P que fait courir en un temps donné le mouvement d'horlogerie H, la pointe tracera une ligne ondulée qui représentera la forme exacte du mouvement artériel.

Voici quelques tracés obtenus dans certaines maladies, et dont on reconnaît au premier coup d'œil la diversité (fig. 4, 5, 6, 7).

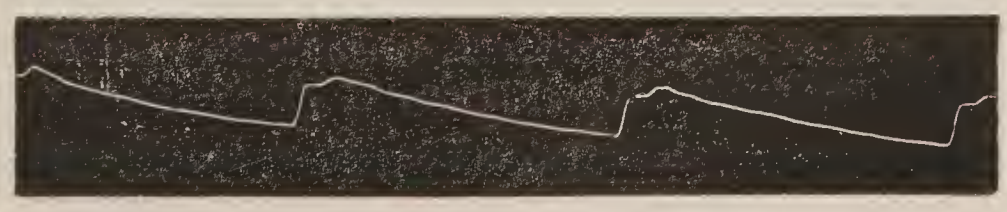

Fig. 4.

Armé de cet instrument précis qui donne des mouvements du

pouls une représentation beaucoup plus exacte que tous les autres appareils analogues déjà imaginés, étudions maintenant le pouls

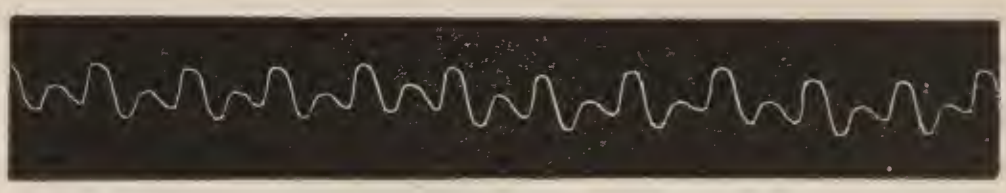

Fig. 5.

et voyons si nous pouvons trouver quelque preuve décisive de cette proposition importante : c'est la contraction ou l'élargissement

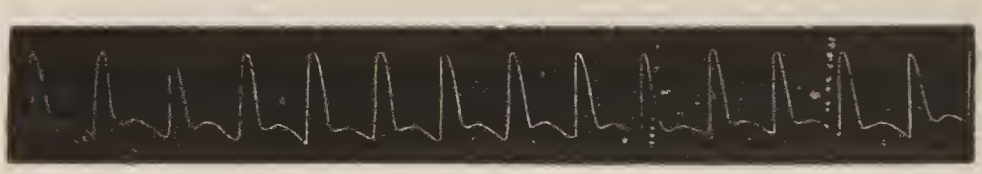

Fig. 6.

des vaisseaux qui détermine le nombre des battements du cœur. Qu'arrivera-t-il d'abord si nous diminuons la masse du sang par une

Fig. 7.

saignée. Évidemment, dans ce cas, le cœur doit avoir moins de peine à faire passer le sang dans les artères moins tendues, son mouvement doit s'accélérer et le pouls doit être plus rapide; c'est en effet ce que l'expérience confirme. Le tracé recueilli sur le sphygmographe avant et après la saignée indique dans ce dernier cas une notable accélération. Le tracé du sphygmographe est ici d'accord avec l'observation ancienne que le pouls croît en fréquence après une saignée. Nous pouvons également créer un obstable au cours du sang en comprimant une artère volumineuse; le cœur alors ralentit ses battements. La chaleur a la propriété de relâcher les vaisseaux; qu'arrivera-t-il donc si nous dilatons les vaisseaux en couvrant le corps de vêtements plus chauds? C'est qu'évidemment le sang trouvant un chemin plus facile, les battements du cœur iront en se multipliant.

Chacun a remarqué qu'après un exercice violent le mouvement du cœur s'accélère; à la suite d'une émotion vive, le même phénomène se produit; est-ce donc que dans ce cas la force que le cœur dépense est plus considérable? Non, la cause de ce mouvement plus rapide et plus fort est toujours dans la dilatation même des petits vaisseaux : leur élargissement permet un cours du sang plus facile; et, comme l'a dit M. Marey, le cœur bat d'autant plus vite qu'il a moins de peine à se vider.

On peut, au reste, démontrer directement cette loi importante en prenant la tension du sang dans une artère à l'aide d'un manomètre; on trouve ainsi qu'un animal qui vient de faire un exercice violent et dont le cœur bat plus vite présente cependant, après la course, une tension artérielle plus faible, ce qui indique que l'issue du sang est plus facile à travers les vaisseaux capillaires.

IV

Applications des connaissances précédentes. — Chaleur animale. — Différences de température des différents points de l'économie. — Fièvre. — Algidité.

Il n'est pas besoin de longues réflexions pour comprendre que les progrès de la médecine suivent ceux de la physiologie, et que la première condition pour guérir une lésion est de connaître celle-ci et d'en bien déterminer la cause. « La pathologie, en effet, dit M. Marey, n'est pas soumise à des lois spéciales, car les maladies ne consistent qu'en un trouble souvent très-léger dans l'harmonie des fonctions physiologiques. La doctrine de Broussais, soumise à quarante années d'examen, a laissé sur ses ruines une grande idée qui constitue toute une révolution médicale, c'est que la *médecine est physiologique*. »

Parmi les troubles qui se manifestent dans l'organisme et que l'état de la circulation peut surtout révéler, se trouve la fièvre, ou l'état contraire, l'algidité; il est intéressant de voir si nous pourrons tirer des notions physiologiques précédentes, quelques indications sur la cause de ces maladies. Dans un précédent volume [1], nous avons assez longuement insisté sur les causes de la

[1] *Annuaire de* 1864.

chaleur animale pour qu'il soit inutile d'y revenir ici; nous savons que le charbon et l'hydrogène des aliments brûlés dans l'organisme par l'oxygène atmosphérique sont la cause de cette chaleur; mais il est un point que nous n'avons pu aborder l'an dernier et que les recherches de M. Marey nous permettent d'étudier facilement. Les causes de production de chaleur sont plus ou moins intenses, à certain moment : après le repas, la production de chaleur est abondante; après l'abstinence, elle est plus faible; et cependant si nous examinons la température des organes enfouis profondément dans les tissus, nous trouvons cette température sensiblement constante. Si on conçoit que cette température baisse difficilement par suite même de la situation de ces organes qui sont protégés contre le refroidissement extérieur par les tissus qui les recouvrent, on ne conçoit plus aussi facilement comment ils ne s'échauffent pas outre mesure quand la production de chaleur augmente elle-même ; il faut donc pour expliquer cette constance découvrir un régulateur qui trouve, dans la température du sang lui-même, l'origine de l'unification de chaleur dans tout le système circulatoire. Ce régulateur de la température consisterait dans l'action spéciale que le chaud et le froid exercent sur les petits vaisseaux.

Lorsqu'une partie est exposée à la chaleur, elle rougit; cela signifie que ses vaisseaux se relâchent et que le sang y arrive en plus grande abondance pour la colorer; si le froid fait pâlir les tissus, c'est qu'il contracte les vaisseaux et diminue la masse du sang que ces tissus contiennent. La même chose se produit lorsque le sang qui circule est plus ou moins chaud lui-même. La température du sang varie très-peu, mais varie toutefois d'une façon suffisante pour produire une dilatation ou une contraction des vaisseaux, et par conséquent pour que des quantités de sang variables arrivent jusqu'aux extrémités plus exposées au refroidissement. Après le repas, la quantité de chaleur produite est considérable; dès que le sang s'échauffe légèrement, il dilate les vaisseaux et arrive plus abondamment aux extrémités qui deviennent chaudes, rouges, turgescentes; leur température s'élève; la différence qui existe entre cette température et celle du milieu ambiant augmente aussi, et par conséquent le refroidissement est plus considérable ; l'excès de chaleur va donc tendre à se dissiper. Réciproquement, si l'abstinence a été longue, le sang éprouve une

légère variation de température : il se refrodit ; aussitôt les vaisseaux se contractent, le passage du sang est ralenti, une moins grande quantité arrive jusqu'aux extrémités et la déperdition est plus faible ; sans doute ces extrémités en souffriront : recevant moins abondamment un sang moins chaud, elles se refroidiront plus vite elles-mêmes, mais la nature sacrifie toujours les organes les moins essentiels pour conserver ceux dont l'altération entraîne la mort: les pieds, les mains, les oreilles peuvent geler sans que l'homme périsse; il n'en serait plus de même si le froid pénétrait les organes intérieurs. Ainsi nous comprenons maintenant comment cette température de tout l'organisme peut rester constante; la chaleur produite est-elle trop considérable, les vaisseaux sont largement ouverts, le sang arrive aux extrémités, il en revient plus froid ; la chaleur produite est-elle faible, au contraire, l'organisme la conserve précieusement, et le cours du sang, ralenti dans les parties les plus exposées au froid, retarde ce refroidissement.

On sait que lorsqu'on touche la main d'un fébricitant, on la trouve brûlante ; cependant si, pour plus d'exactitude, on fait usage du thermomètre, on trouve qu'elle présente à peine la même température que les cavités profondes du corps, et celles-ci offrent tout au plus 3 ou 4 degrés d'augmentation dans leur température : il y a bien plutôt dans la fièvre unification de la température dans tout le corps que production plus abondante de chaleur. Cette première observation nous permet de découvrir *à priori* que si la chaleur est plus également répartie, c'est que le sang circule plus vite, c'est que les vaisseaux capillaires sont plus relâchés ; le sphygmographe nous démontre immédiatement que toutes ces conclusions sont exactes; si, en effet, on prend le pouls d'un fébricitant, on voit que le tracé ressemble beaucoup à celui qu'on obtient après un exercice musculaire prolongé; or, dans ce cas, nous avons vu qu'on avait démontré directement que la tension artérielle était plus faible, et montrait qu'il existe un relâchement des petits vaisseaux.

Tandis que dans la fièvre le sang circule rapidement, gonfle les extrémités, les boursoufle, les rougit parfois, que les battements du cœur sont plus fréquents, puisque cet organe lançant son liquide dans des artères élargies rencontre une résistance plus faible, on observe, dans l'*algidité*, des phénomènes complète-

ment différents : les extrémités sont froides, la peau décolorée, les traits amaigris, la face grippée comme celle d'un cadavre. Les doigts sont quelquefois si effilés que les bagues tombent d'elles-mêmes. Le pouls est petit, sa fréquence quelquefois plus grande qu'à l'état normal et ordinairement diminuée. — De même que nous avons pu, *à priori*, déterminer que la cause des phénomènes obtenus dans la fièvre était la dilatation des petits vaisseaux, de même nous pouvons trouver dans la contraction de ces mêmes vaisseaux l'explication de tous les symptômes qui accompagnent l'algidité. — Les extrémités sont pâles et amaigries, parce que les vaisseaux ne sont plus distendus par le sang ; une coloration bleue se manifeste souvent, car le sang restant longtemps dans les vaisseaux, ne retournant que lentement au cœur et par suite au poumon, s'hématose moins fréquemment et garde la coloration foncée qui appartient au sang veineux ; le cœur éprouve une résistance considérable à se vider, puisque les vaisseaux sont pour ainsi dire fermés ; il fonctionne donc lentement, péniblement, les battements sont moins fréquents. — Sous l'influence d'un bain froid il se produit, comme on le sait, une contraction des vaisseaux en vertu de l'action spéciale que le froid exerce sur la contractilité vasculaire. Cette contraction reste à un degré modéré si l'impression du froid n'est pas trop forte, ou si elle ne se prolonge pas trop longtemps ; mais si son action est trop énergique, une pâleur générale se manifeste sur tout le corps, la cyanose survient souvent, les ongles et les lèvres sont bleus, les traits amaigris, le pouls est petit et ralenti. — On comprend toutefois que cet état de contraction des vaisseaux, dû à une influence nerveuse provenant des filets qui rayonnent du grand sympathique, ne puisse se prolonger indéfiniment, et qu'il y ait après cette contraction excessive un relâchement général, effet d'une sorte de fatigue ; pendant cet état il y aura, au contraire, circulation accélérée. On a observé, en effet, qu'il n'existe pas d'état algide qui ne soit suivi de fièvre, et cela quelles que soient les conditions dans lesquelles cette algidité s'est produite. Si l'on prolonge trop la durée d'un bain froid, et qu'on arrive à l'état algide, au bout d'un certain temps il surviendra de la fièvre. Après les vomissements que provoque le mal de mer, après ceux que produisent certains poisons ou certains médicaments, si l'état algide a été très-prononcé, on voit encore survenir cet état fébrile.

Les personnes qui se livrent à l'hydrothérapie éprouvent le même effet ; quand elles ont contracté violemment les petits vaisseaux par des douches d'eau froide, elles éprouvent bientôt une réaction salutaire par suite du relâchement de ceux-ci, de la circulation plus rapide qu'il amène, de la chaleur qui le suit.

C'est surtout dans l'étude des anévrysmes que le sphygmographe de M. Marey devient précieux, car il éclaire singulièrement le diagnostic. — On sait qu'un anévrysme est « une tumeur circonscrite pleine de sang liquide ou concrèté, communiquant directement avec le canal d'une artère et limitée par une membrane qui porte le nom de sac. » On avait remarqué depuis longtemps l'affaiblissement du pouls au-dessous des anévrysmes ; mais on était incertain sur la cause de cet effet qu'on attribuait parfois à des caillots dans l'anévrysme empêchant la libre circulation du sang ; il est maintenant démontré que c'est simplement à l'élasticité de la poche anévrysmale qu'est dû l'af-

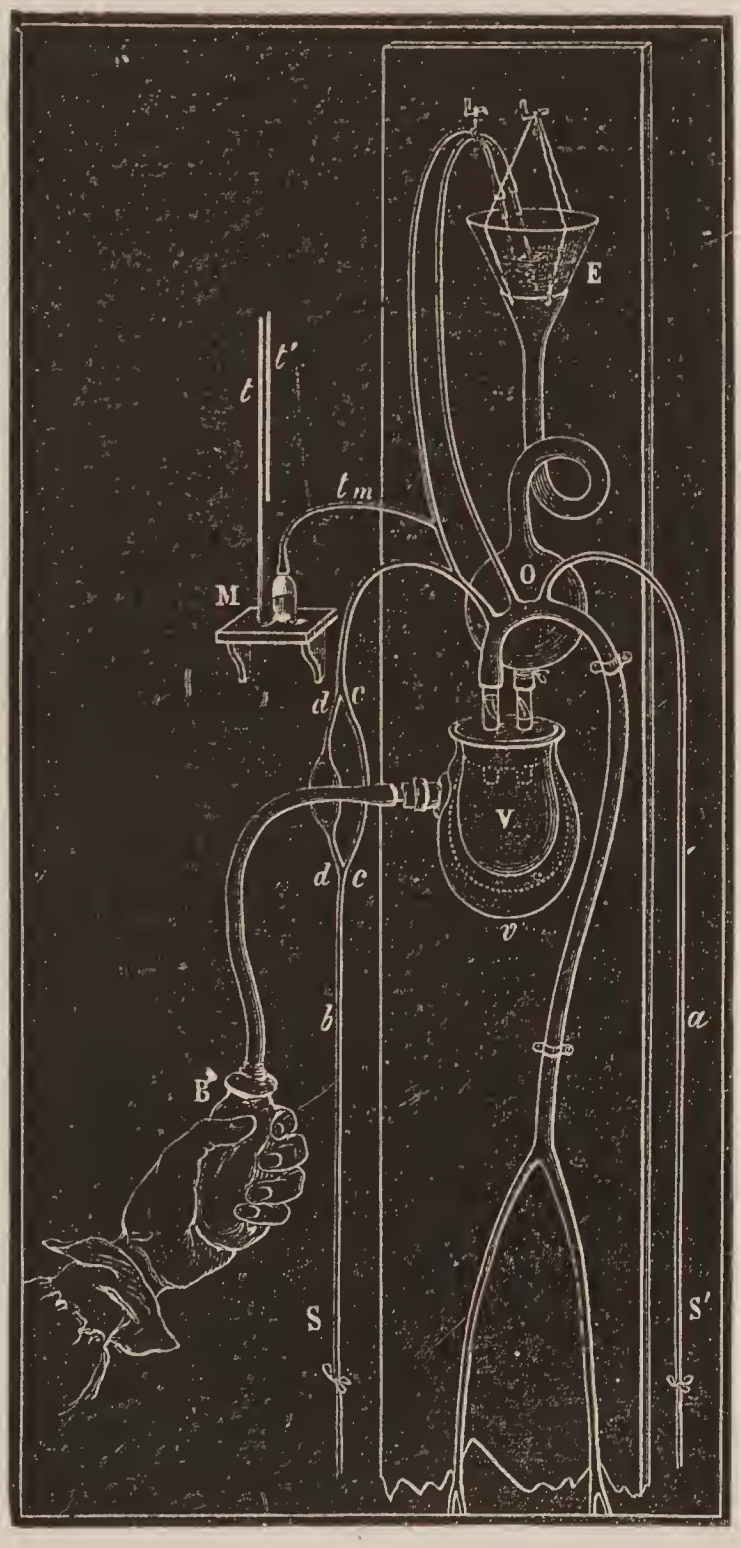

Fig. 8.

faiblissement et la forme particulière du pouls pris sur les artères atteintes de cette lésion. On ne saurait étudier plus clairement cette question que ne l'a fait M. Marey, à l'aide de son schéma. — Nous reconnaissons (fig. 8) le ventricule en caoutchouc V placé dans son ballon de verre *v*, et surmonté de son oreillette O; le tube aortique qui se détache du ventricule porte un caoutchouc qui se bifurque en *cd ;* d'un côté ce tube continue avec son diamètre normal, de l'autre il porte un renflement qui peut figurer l'anévrysme. — Prenons maintenant le pouls sur le schéma à l'aide du sphygmographe en *b*, et faisons passer successivement l'eau par le tube *cc* seulement ou par le tube *dd* seulement, ce qui est facile en pinçant l'un ou l'autre de ces tubes de façon à obstruer le passage; nous aurons deux tracés (fig. 9 et 10), tout à fait comparables à ceux qui ont été pris sur un homme

Fig. 9. — Pouls du côté sain.

qui portait au pli du coude un anévrysme volumineux de l'artère humérale, le doigt ne sentant aucun battement du côté

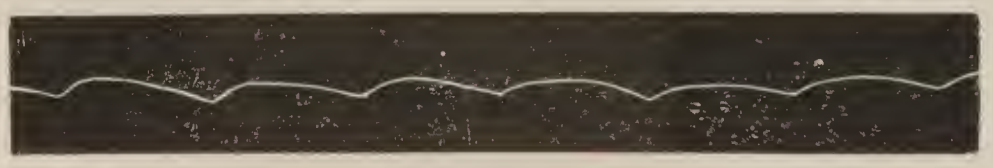

Fig. 10. — Pouls du côté de l'anévrysme.

malade tandis que le pouls du côté sain présentait les caractères normaux.

Il peut arriver parfois que le médecin hésite à reconnaître comme anévrysme une tumeur qui présente des battements, car cette tumeur peut être solide et être animée d'un simple soulèvement dû à une artère placée dans le tissu sous-jacent : le sphygmographe devient alors un excellent moyen de diagnostic : car, appliqué sur l'anévrysme, le ressort est animé d'un mouvement

d'une amplitude extraordinaire comme le montre la figure 11, tandis qu'au contraire, lorsque l'appareil repose sur une tumeur

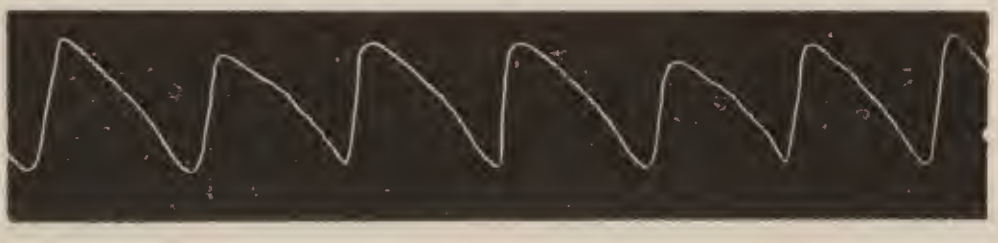

Fig. 11.

non anévrysmale, il ne présente qu'un tracé de peu d'amplitude. De plus, le pouls, pris au-dessous de l'anévrysme, présente des caractères tout différents de ceux qu'il offre à l'état sain, comme on le voit par la comparaison des figures précédentes.

Dans les maladies du cœur, dans celles du poumon, et dans un certain nombre d'autres affections, la forme du pouls présente des caractères importants qui échappaient aussi totalement au toucher.

Nous avons mis sous les yeux du lecteur un certain nombre des tracés obtenus par M. Marey ; son appareil commence aujourd'hui à se répandre ; un grand nombre de médecins recueillent de leur côté des tracés ; on comprend facilement qu'on doive ainsi obtenir une collection très-curieuse de toutes les formes du pouls ; on pourra sans doute tirer de l'étude comparée de tous ces tracés des conclusions fort importantes pour la physiologie et aussi pour la médecine, car la première condition de la guérison est la connaissance de la lésion.

P. P. Dehérain.

ZOOTECHNIE

LA RACE DES BŒUFS DE DURHAM

TRAVAUX D'ÉMILE BAUDEMENT[1]

Bien que la population de notre France ne s'accroisse plus depuis quelques années avec la même rapidité que par le passé, et que naguère nous ayons même eu à déplorer une diminution sensible, la population plus riche exige une alimentation plus substantielle et il faut lui fournir en plus grande quantité qu'autrefois les céréales et le bétail. — L'importation des céréales est possible; quand la récolte est insuffisante, nous pouvons demander à l'étranger le blé qui nous fait défaut; mais il est plus difficile d'importer

[1] Émile Baudement est né à Paris, le 16 novembre 1816; atteint, au mois d'avril 1863, d'une paralysie du cerveau, il est mort le 30 décembre de cette même année. Nommé professeur de zootechnie à l'Institut agronomique de Versailles, après un brillant concours, Emile Baudement commençait une série importante d'observations sur le beau troupeau de cet établissement, quand il fut supprimé en 1852. — Cette mesure, à jamais regrettable, brisait la carrière de Baudement; mais le succès qu'il avait obtenu, l'importance de ses études décidèrent l'administration de l'agriculture à créer au Conservatoire des arts et métiers un nouvel enseignement auquel Baudement fut appelé. Il y déploya ses éminentes qualités de professeur; sa parole abondante, colorée, ses aperçus fins et ingénieux lui attiraient un nombreux auditoire, et Baudement fut toujours un des professeurs les plus écoutés de cet établissement. Passionné pour l'exactitude, Baudement avait accumulé un grand nombre de notes et de renseignements pour exécuter un travail considérable dont l'avait chargé l'administration de l'agriculture. En 1856, il y eut à Paris un admirable concours international d'animaux reproducteurs, et Baudement accepta la tâche d'en perpétuer le souvenir; de nombreux dessins représentant les animaux les plus remarquables de l'espèce bovine furent gravés par ses soins; plusieurs années furent consacrées à dessiner sur des cartes les limites occupées par les races les plus importantes de France, d'Angleterre, d'Allemagne, de Suisse, de Belgique et de Hollande; une introduction dans laquelle sont résumées toutes les idées émises par Baudement était écrite; il avait enfin réuni de

le bétail, et le prix élevé de la viande montre assez que l'équilibre est rompu entre l'offre et la demande. — Il est donc important d'étudier cette question du bétail qui intéresse si vivement la consommation générale, et qui présente aussi aux naturalistes un curieux sujet d'observation. — Notre maître et ami regretté Émile Baudement avait consacré sa vie à cette étude; pendant les dix ans qu'a duré son enseignement du Conservatoire des arts et métiers, nous avons eu l'honneur d'être son préparateur et nous avons pu recueillir quelques-unes des idées qu'il a émises sur ce sujet [1]. Depuis longtemps nous voulions entretenir les lecteurs de l'*Annuaire* de ces travaux remarquables; toujours l'abondance des matières nous avait forcé d'ajourner ce projet; mais aujourd'hui, nous devons à la mémoire de notre maître regretté ce dernier souvenir.

Nous avions à choisir au milieu des sujets qu'il avait traités avec une véritable supériorité, celui qui était le plus capable de mettre en lumière ses idées sur l'organisation de l'élevage : l'histoire de la race de Durham nous a semblé présenter le plus d'avantages. — Tout en faisant assister le lecteur à la curieuse opération de la création d'une race, tout en lui montrant comment les éleveurs habiles ont pu façonner les animaux de façon à les approprier ad-

nombreux documents pour écrire l'histoire des races, quand la maladie, puis la mort vinrent l'arrêter. Cet ouvrage considérable restera donc incomplet; mais si Baudement n'a pas terminé ce monument que la libéralité de l'administration de l'agriculture lui permettait d'élever, il a laissé plusieurs mémoires importants, insérés dans les *Annales du Conservatoire* *; les journaux d'agriculture renferment un grand nombre d'articles sur divers sujets relatifs à l'élevage; notamment des lettres publiées en 1854 et 1855 sur la perfection dans l'espèce bovine sont de véritables chefs-d'œuvre de polémique. — Brillant écrivain, habile professeur, savant minutieux, Baudement ne périra pas tout entier : il a laissé sur toutes les questions qu'il a touchées des idées nettes et précises que le temps se chargera de féconder.

[1] L'importance des travaux de Baudement a été apprécié à sa juste valeur par M. A. Sanson, rédacteur du bulletin scientifique de *la Presse*, dans un travail considérable inséré dans le *Livre de la Ferme*, publié sous la direction de M. Joigneaux **. Aussi avons-nous appris avec plaisir que M. A. Sanson fondait un enseignement libre de Zootechnie, *le mardi et le samedi* soir, *rue du Pont-de-Lodi*, où se perpétueront, nous l'espérons, les traditions du cours du Conservatoire, supprimé après la mort de Baudement.

* Tome II et tome IV, 1862-1864.

** Victor Masson et fils.

mirablement au genre de service qu'ils doivent rendre, nous aurons occasion de rappeler les règles qu'a posées Baudement sur l'élevage des animaux; nous pourrons en tirer des conséquences importantes sur l'organisation de la production animale dans notre pays et reconnaître si on est aujourd'hui dans la bonne voie ; nous pourrons enfin rattacher cette étude aux grandes idées de M. Darwin dont un de nos collaborateurs s'est déjà occupé l'an dernier et reconnaître, par un exemple contemporain, comment il est possible de mettre à profit la faculté de variation que présentent les animaux.

I

Aspect du comté de Durham. — Nature du bétail qui s'y trouvait autrefois.

Le triangle que forme le comté de Durham s'appuie par son sommet sur la crête montagneuse qui traverse le nord de l'Angleterre, presque du nord au sud ; des Moorlands, le comté s'élargit, vers la mer du Nord, en des plaines basses, humides, marécageuses, semblables à celles que forment les côtes de la Belgique, de la Hollande et qui, s'entr'ouvrant pour donner passage à l'Elbe, se continuent le long du Holstein et du Jutland.

Confinant au nord avec le comté de New-Castle, riche en mines de houille, le comté de Durham est séparé, au sud, du Yorkshire par la rivière de la Tees, dont la vallée sablonneuse présente un sol léger et friable particulièrement propre à la culture des racines.

Par son voisinage de la mer, le comté de Durham appartient donc à cette grande région si importante au point de vue zootechnique, qu'on peut désigner sous le nom de région de la mer du Nord. Le grand réservoir humide qui en forme le centre maintient sur toutes ces côtes une température à peu près constante; l'été n'a pas de sécheresse; de gros nuages lourds se fondent à chaque instant en longues averses qui rayent le ciel à l'horizon ; l'hiver n'a pas de rigueurs ; la température estivale variant de 15 à 20° ne tombe guère au-dessous de 0° pendant la mauvaise saison ; cette région possède donc le climat marin, le climat constant par excellence, et la terre, toujours humectée, s'y couvre d'une verdure toujours fraîche qui appelle forcément le bétail.

Les races qui habitent ces régions marécageuses conquises sur la mer et qu'il faut défendre contre elle par des digues présentent, en Hollande, en Danemark ou en Angleterre, des caractères analogues; grandes, molles, à forte ossature, elles ont toujours eu une aptitude particulière à la production du lait.

Les pâturages de la vallée de la Tees sont notamment habités depuis des siècles par une race laitière à laquelle se mêlait parfois une race plus grossière, formée d'animaux de grande taille, gauches, d'une conformation défectueuse, qui s'était formée surtout dans la partie méridionale du comté d'York, dans ces pays bas nommés Holderness, formés par les alluvions de l'Humber et qu'il a fallu endiguer pour les protéger contre les fortes marées.

Le bétail anglais voisin de la mer du Nord, dont les ressemblances avec les races de la Hollande et des polders sont dues peut-être à une communauté d'origine, est désigné depuis longtemps sous le nom de Courtes-Cornes, par opposition aux races centrales de l'Angleterre dont les cornes sont beaucoup plus longues. Tout en conservant le même ensemble de caractères, au nord de l'Humber la race s'améliorant un peu présentait avec les mêmes qualités laitières un peu plus de distinction et de finesse dans la partie septentrionale où coule la Tees.

Aussi, au milieu de la grande famille des Courtes-Cornes distinguait-on la race Teeswater, origine des Durhams actuels. Comment cette race primitive a-t-elle donné naissance aux animaux admirables qui constituent aujourd'hui les Courtes-Cornes améliorés des Anglais, désignés sur le continent sous le nom de Durhams? C'est là une question capitale.

Elle acquiert d'autant plus d'importance que la race de Durham étant le produit industriel le plus parfait que l'homme ait encore obtenu, sa création peut servir d'exemple. Si elle a été produite par croisement, il faudra dorénavant considérer ce mode d'opérer comme susceptible de créer des races permanentes, conservant leur type indéfiniment, capables même de fournir des reproducteurs susceptibles de transmettre leurs caractères à leurs produits. — Si, au contraire, la race de Durham a été faite par sélection, si elle s'est améliorée par elle-même, en recrutant dans son sein des reproducteurs de plus en plus parfaits qui ont fini par imprimer leurs qualités à tous leurs descendants, c'est la méthode *in and in* qu'il faut préconiser. — Nous devons dans un cas approuver les

croisements si nombreux qui s'exécutent aujourd'hui sur plusieurs de nos races françaises, et leur prédire le succès ; nous devons, au contraire, dans l'autre hypothèse, douter qu'ils soient susceptibles de donner naissance à des races constantes, et nos éloges doivent s'adresser surtout aux éleveurs plus patients, qui trouvent dans leurs propres troupeaux les éléments de l'amélioration qu'ils désirent obtenir.

Si nous cherchons d'après les écrits qui ont été publiés sur la race de Durham à nous former une opinion, nous trouvons les auteurs partagés en deux camps : les uns pensent que les Courtes-Cornes ont été améliorés par croisement ; les autres veulent, au contraire, qu'ils doivent leur perfectionnement rapide à la sélection. Mais les études qu'a faites Baudement sur cette question sont assez nombreuses pour que nous puissions nous prononcer en toute connaissance de cause.

II

La race de Durham a-t-elle été produite par croisement ?

Il paraît certain qu'à raison des relations nombreuses qui existent entre la côte orientale de l'Angleterre et les Pays-Bas, il y eut souvent, au dix-septième siècle, importation du bétail hollandais en Angleterre ; des vaches laitières surtout furent introduites ; et les bouchers de Londres désignent encore sous le nom de hollandais quelques-uns des animaux qui habitent le sud du Yorkshire. On veut voir dans cette importation d'animaux hollandais l'origine de ce sang étranger qui aurait produit plus tard les merveilleux résultats que nous avons aujourd'hui sous les yeux. On assure, en effet, qu'en 1740, sir William Saint-Quintin, de Scampton, importa des taureaux de Hollande, les accoupla à des vaches du pays et répandit les produits de ce croisement dans les vacheries avoisinantes. Sir James Pennymann aurait obtenu à cette époque de sir William un taureau et six vaches, pour son fermier, M. Snowden ; de ce taureau et d'une vache métisse serait né le taureau *Hubback* considéré, par quelques auteurs, comme la souche de la race Improved short Horns.

Remarquons d'abord que, sans admettre, ce qui a été soutenu cependant, que les animaux importés par sir William étaient d'ori-

gine anglaise et provenaient d'un troupeau donné autrefois par le roi d'Angleterre à son gendre, le stathouder de Hollande, qui devait plus tard le détrôner et régner sous le nom de Guillaume III ; remarquons, disons-nous, que les races primitives des comtés d'Angleterre qui nous occupent étaient fort analogues à celles qu'on nous présente comme ayant été importées ; de sorte que races locales ou races introduites devaient avoir des qualités semblables, et qu'on ne comprendrait nullement comment un taureau hollandais, uni à une vache laitière de la race teeswater, aurait pu produire un durham. — Le taureau hollandais n'a aucune des qualités de finesse qui distinguent les Courtes-Cornes améliorés ; et supposer qu'il ait eu une influence décisive sur la création de la race de Durham, c'est déclarer nettement qu'il est inutile qu'un reproducteur ait les qualités qu'il doit transmettre à son produit. — Personne n'a jamais considéré le taureau hollandais comme parfait au point de vue de la boucherie, et Weckerlin dit même : « Si l'on voulait produire des animaux spécialement destinés à l'engraissement, il ne faudrait pas arrêter son choix sur cette race. »

Il faut donc bien reconnaître qu'il est peu important de savoir si, en effet, sir William Saint-Quintin a introduit des animaux hollandais, puisqu'il est évident que ces animaux sont incapables de transformer une race laitière médiocre en une race admirable au point de vue de la boucherie, par sa précocité et sa disposition à prendre la graisse. Au reste, avant cette importation de 1740, on a des preuves que les éleveurs du comté de Durham songeaient déjà à l'amélioration des animaux ; au dix-septième siècle, la famille des Aislabies, propriétaire de Studley Park, était citée comme élevant des Courtes-Cornes remarquables. En 1640, sir Hugh Smithson, héritier du titre de duc de Northumberland, avait formé un troupeau dont la réputation s'étendait au loin; c'est de ce troupeau que descendait *Duchess*, une des vaches qu'acheta plus tard Charles Colling, et qui contribua particulièrement à ses succès.

On a encore des faits plus positifs. Au commencement du dix-huitième siècle, un bœuf appartenant à M. Milbank fut abattu ; il fournit 952^{k},500 de viande aux quatre quartiers[1], et 101^{k},500 de suif ;

[1] Les bouchers désignent sous ce nom la viande marchande, comprenant le

à côté de cet exemple montrant à quel degré de perfection étaient déjà arrivés les Courtes-Cornes il y a cent cinquante ans, pourraient en être placés un grand nombre d'autres qui ont été recueillis par M. Lefebvre Sainte-Marie[1].

Parmi les animaux appartenant à ces époques reculées restés célèbres, se place en première ligne *The Old Studley Bull*, dont le nom semble indiquer qu'il provenait du troupeau de la famille des Aislabies ; on assure même, contrairement à la version signalée plus haut, que du vieux taureau Studley serait descendu le taureau de M. Snowden, fermier de sir Penymann, taureau qui, comme nous l'avons vu plus haut, fut le père de *Hubback;* celui-ci serait donc Teeswater pur, et non métis de Hollandais et de Teeswater.

Les partisans de l'opinion que la race de Durham est un produit de croisement, battus sur la filiation paternelle de Hubback, considéré comme la souche des Durhams purs, ont cherché à montrer que, par sa mère au moins, il n'appartenait pas à la race Teeswater; ils affirmèrent que la mère d'Hubback était le produit du croisement d'un taureau Teeswater et d'une vache Kyloe, race voisine de celle qui habite les West Highlands ; mais il faut répéter, au sujet de cette assertion, ce que nous avons écrit plus haut : un reproducteur ne peut donner que ce qu'il a ; pourquoi un animal de petite taille, ne possédant rien dans sa conformation, dans ses aptitudes, qui puisse le rapprocher du Durham actuel, aurait-il créé ce Durham ?

Au reste, à côté des indications que fournit l'induction, se placent des faits positifs. Au moment où naquit Hubback, sa mère appartenait à M. Hunter ; et, plus tard, le fils de ce dernier, consulté sur ce qu'était la mère du célèbre taureau, nia absolument qu'elle eût du sang kyloe[2]. Le taureau Hubback fut, plus tard, acheté par Ch. Colling, et réservé à la saillie exclusive de son éta-

tronc et les quatre membres; la tête, les extrémités, tous les organes intérieurs sont séparés et ne font pas partie des quatre quartiers.

[1] De la race de Durham (page 2).

[2] Je me rappelle la vache élevée par mon père, qui a été la mère d'Hubback; on ne la soupçonnait en aucune façon d'avoir en elle ni sang kyloe, ni aucun autre. On a souvent répété dernièrement qu'elle descendait d'une kyloe ; mais je n'ai aucune raison de croire, et je ne crois pas qu'il y eût chez elle aucun mélange de sang kyloe.

JOHN HUNTER.

ble ; dès lors commença la haute réputation que devait acquérir la race de Durham.

Au moment d'entreprendre l'histoire de l'élevage de Ch. Colling, rappelons toutefois que si, avant lui, la race n'a pas encore toute sa célébrité, elle a déjà cependant presque toutes ses qualités ; l'habileté des éleveurs va les porter au plus haut développement, et nous allons voir une race laitière douée d'aptitudes remarquables pour l'engraissement, placée dans un pays riche, que les améliorations agricoles transforment rapidement, devenir le type de l'animal de boucherie. Quand Ch. Colling apparaît, la race est déjà singulièrement améliorée; les troupeaux sont soignés depuis longtemps ; on a retenu le nom des éleveurs les plus habiles, celui des animaux les mieux conformés; des chiffres ont montré déjà à quel énorme rendement parvenaient les animaux perfectionnés. Enfin l'Angleterre marche résolûment dans la voie des progrès agricoles ; elle est infiniment plus avancée que nous ; l'impression que laisse notre pays à Arthur Young en est la preuve manifeste : il reconnaît bien vite que notre climat est plus propre à la culture que celui de l'Angleterre ; mais il ajoute que si l'opinion contraire a souvent prévalu, c'est que les Anglais savent tirer parti de leur sol, tandis que les Français sont encore, pour la plupart, complétement dans l'enfance.

Ainsi tous les éléments sont prêts ; les éleveurs anglais sachant comprendre, dès le dix-huitième siècle, que le meilleur produit qu'on puisse tirer de l'espèce bovine c'est la viande, ont déjà choisi comme reproducteurs les animaux les plus précoces, les mieux conformés au point de vue de la boucherie. Il ne faut plus, pour fixer la race de Durham, qu'un éleveur habile, réunissant dans sa main les éléments épars dans le pays et leur donnant le caractère de fixité qui leur manque encore.

III

Élevage de Ch. Colling.

Ce fut la tâche que surent mener à bien les deux frères Robert et Charles Colling. En 1770, le premier étant âgé de vingt ans, le second, de dix-neuf, ils afferment de vastes domaines, près de Darlington, sur la rive gauche et dans le voisinage de la Tees,

dans le comté de Durham ; mais ce n'est que plusieurs années après, en 1785, que Charles Colling commença son élevage. Son troupeau devint bientôt célèbre, surtout par les produits descendant d'Hubback, qui présentaient comme lui un caractère doux et facile, une peau fine, les cornes petites et lisses, la poitrine ample, le tronc large, la ligne du dos droite, enfin une disposition à l'engraissement telle que, s'exagérant parfois, elle dégénère en infécondité ; Hubback, en effet, ne fonctionna comme taureau que pendant peu d'années.

La vacherie de Colling devint bientôt célèbre dans toute l'Angleterre, et bien des circonstances vinrent hâter cette réussite : d'abord la supériorité incontestable de son troupeau, dans lequel il poussa l'union des reproducteurs en proche parenté, l'*in and in* comme on dit de l'autre côté de la Manche, à un degré inconnu jusqu'à lui, puis le mouvement général de l'Angleterre, marchant résolûment dans la voie des progrès agricoles, et déjà attentive aux perfectionnements de l'élevage que Bakewell tentait dans le centre, où il améliorait rapidement les longues-cornes. Enfin, les malheurs de la guerre eurent même une bonne influence sur la réussite de l'élevage de Darlington ; le blocus continental isola bientôt l'Angleterre du reste de l'Europe ; il lui fallut se subvenir à elle-même, chercher sur son sol les ressources que le commerce ne pouvait plus lui fournir ; et, parmi ces ressources alimentaires, la viande est considérée à juste titre, en Angleterre, comme devant être placée au premier rang.

Si Colling, au reste, montra dans son élevage un incontestable talent, une rare justesse de coup d'œil dans le choix des animaux, une persévérance, une initiative, qui devaient fixer le succès, il sut aussi attirer l'attention par les annonces pompeuses, par les exhibitions d'animaux extraordinaires, par le mystère même dont il entourait ses procédés. A son savoir il joignit donc un savoir-faire au moins égal. C'était un véritable Anglo-Saxon, avant tout homme d'affaires, un industriel ; et s'il rendit des services éminents à ses compatriotes en les dotant de leur admirable race de Durham, il fut loin de se sacrifier, et, tout en créant une richesse nationale, il sut ne point oublier sa fortune.

Malgré le mystère dont étaient entourés les procédés de Colling, ils furent bientôt connus ; et s'ils sont fort simples à exposer, ils exigent dans la pratique une sûreté d'appréciation et de coup-

d'œil qui ne se rencontrait que rarement et qui distingue l'éleveur habile. Colling chercha d'abord quelques animaux présentant à un haut degré les caractères qu'il voulait donner à sa race, c'est-à-dire des animaux prompts à se développer, grands mangeurs, faciles à engraisser, ayant une poitrine large, des extrémités courtes et fines. Ce fut d'abord Hubback, puis Bolingbroke; mais ces deux taureaux, admirables de finesse, doués d'une aptitude surprenante à prendre la graisse, exagéraient peut-être ces qualités et devinrent l'un et l'autre inféconds de bonne heure. Le fils de Bolingbroke et de Phœnix, appartenant l'un et l'autre à la race teeswater pure, fut le fameux Favourite, que Colling employa avec une constance inouïe; peut-être un peu moins fin que les deux taureaux précédents, il était plus vigoureux; et ce fut sans doute pour corriger la mollesse donnée au troupeau par Hubback et Bolingbroke, que Colling fit usage de Favourite avec une prodigalité étonnante; on peut citer notamment l'exemple de la vache Clarissa, une des meilleures de l'élevage de Darlington, et qui, fille, petite-fille, arrière-petite-fille, jusqu'à la septième génération, du taureau Favourite, atteignit cependant, à la vente de Colling, les prix les plus élevés. Parmi les fils de Favourite, on cite Comet, qui, avec son père, fixa complétement le caractère des Courtes-Cornes améliorés.

Si Colling préconisait ainsi par son exemple l'alliance des reproducteurs en proche parenté, s'il développait chez eux cette force prodigieuse qui vient si souvent déranger les calculs des éleveurs, amateurs de croisement, l'atavisme, il essaya aussi d'introduire dans son élevage quelques animaux étrangers; c'était un fidèle partisan des idées modernes, et, comme tel, grand admirateur de la méthode expérimentale; il était loin de songer à soutenir un système, il voulait seulement gagner vite et beaucoup, et il s'ingéniait. Une vache rouge galloway fut donnée à Bolingbroke; de cette union naquit un taureau qui, vendu, puis racheté au colonel O. Callaghan, fut désigné sous le nom de O. Callaghan's son of Bolingbroke; allié à la vache pure Old Johanna, il fut père de O. Callaghan's granson of Bolingbroke, qui eut de Phœnix, vache pure teeswater, une très-bonne génisse, Lady, souche d'une famille importante de Durham, connue sous le nom de l'*alliage*.

Quelques personnes ont voulu voir dans l'introduction de la vache rouge Galloway le triomphe de l'opinion que la race de

Durham est une race de croisement ; mais il n'est pas difficile de comprendre que le sang galloway a dû être peu à peu absorbé complétement par le Durham ; en effet, Bolingbroke est un taureau pur, Old Johanna, Phœnix sont pures également, et la famille de Lady se distingue difficilement des Durhams purs. Sans discuter ce point, il est aisé de voir que la race Teeswater pure existe en dehors du croisement galloway ; les descendants de Lady forment une famille modeste au milieu des nombreux animaux qui n'ont nullement participé à ce croisement galloway.

Ainsi le procédé de Colling est connu : nous le répétons, car il importe surtout de faire voir que cette méthode d'amélioration est à la portée de tous ; au milieu d'une race déjà en voie d'amélioration, présentant des qualités laitières remarquables, une disposition singulière à l'engraissement, il choisit quelques animaux exagérant encore ces qualités, c'est Hubback d'abord, puis Bolingbroke, Favourite enfin, le plus parfait ; que faut-il dès lors ? fixer ces qualités de précocité et d'engraissement. Colling n'hésite pas, il allie frères et sœurs, pères et filles, mères et fils ; il donne à ces animaux si rapprochés une puissance énorme d'atavisme, il fixe les caractères fugitifs d'abord et il attache son nom, non pas à la création de la race de Durham, dont tous les éléments existaient, mais à la fixation des caractères que les animaux de la contrée présentaient à des degrés divers.

Tous les moyens lui étaient bons, au reste, pour faire connaître les qualités de ces animaux. En 1796 naît un fils de Favourite présentant une conformation éminemment propre à l'engraissement ; Colling le comprend : ce sera un spécimen vivant, un échantillon de son élevage, l'animal est castré ; à cinq ans il est tellement gras, tellement surchargé de graisse qu'il est devenu phénoménal et acheté 3500 fr. ; son poids, vivant, était de 1375 kilog. ; on supposait qu'ils rendraient aux quatre quartiers 1066 kilog.

L'acheteur, M. Bulmer, fait construire une voiture et promène son bœuf en Angleterre ; après cinq semaines il se dégoûte et vend tout, animal et chariot, à M. John Day 6 250 fr Le jour même on offre au nouvel acheteur 13 125 fr. ; un mois après, 25 000 fr., et 50 000 fr. quelque temps plus tard. Pendant six ans le bœuf est promené à travers l'Angleterre et l'Écosse, et lorsqu'il est sacrifié après deux mois de maladie, âgé par consé-

quent de onze ans, il pèse plus de 1000 kilog. aux quatre quartiers, il fournit 75 kilog. de suif et 64 de cuir ; on estime qu'au moment de l'accident qui força de l'abattre il aurait pesé vivant 1700 kilog.

La réputation de Colling augmentait ; en 1810, une députation des principaux éleveurs de la Grande-Bretagne lui offrait une pièce d'orfévrerie en témoignage de leur reconnaissance pour les services qu'il rendait à l'agriculture.

Enfin le 11 octobre de cette même année, Colling se défit de sa vacherie ; elle renfermait quarante-sept bêtes dont douze au-dessous d'un an ; elle se vendit 172 000 fr. ; c'est environ 3 707 fr. par tête. Parmi ces animaux se trouvait encore le fameux taureau Comet, fils de Favourite, qui atteignit le prix de 26 250 fr.

Qu'il nous soit permis, avant de terminer ce rapide aperçu, de rappeler que si Colling a réussi, c'est que dès le début il a su parfaitement définir le but qu'il fallait atteindre. Il n'a voulu qu'une chose, mais il l'a voulu résolûment ; réfléchissant sur les différents usages auxquels se prête le bétail, il sut éviter cette tendance fatale qui porte à vouloir atteindre du même coup deux solutions ; il ne cherche ni à faire des animaux de boucherie travaillant, ni des animaux précoces donnant du lait ; il cherche seulement à obtenir une race de boucherie, et il jette toutes les aptitudes de ses animaux vers la production de la graisse et la précocité ; certainement il voit la faculté laitière diminuer, mais il ne s'en inquiète pas et il donne le premier ce grand exemple que tous les éleveurs doivent suivre aujourd'hui, lorsqu'ils sont arrivés à la période de la culture qu'on peut appeler industrielle ; pour avoir des animaux admirablement propres à un genre de services déterminés, il faut leur demander uniquement ce genre de services ; pour améliorer, il faut *spécialiser*.

L'élan était donné : pendant l'élevage de Colling et après lui, les animaux perfectionnés se répandirent peu à peu en Angleterre ; les éleveurs du comté de Durham et du comté d'York avaient marché sur les traces de Colling, lui empruntant des animaux, améliorant peu à peu la race d'après les beaux exemples qu'ils avaient sous les yeux. Ce qui prouve, toutefois, que M. Ch. Colling ne créa pas la race de Durham, comme on le dit souvent à tort, c'est qu'il exista à côté de la sienne plusieurs étables fournissant des produits remarquables, bien qu'elles n'eussent aucune alliance

avec la vacherie de Darlington. M. Coates, entre autres, avait élevé un troupeau remarquable, parmi lequel figurait le taureau Patriot, qui fut vendu 13 750 fr. Sans aucun lien avec l'élevage de Colling, cet animal descendait du bétail d'un ancien éleveur de la race Teeswater, M. Milbank.

Ainsi commencée, la réputation de la race de Durham ne tarda pss à s'accroître ; toutefois les vacheries dans lesquelles se rencontrent les animaux purs se rattachant à l'élevage des Colling, sont peu nombreuses, et les prix qu'atteignent les beaux spécimens de la race Courtes-Cornes améliorés sont extrêmement élevés.

IV

Rareté des animaux purs de la race de Durham. — Prix élevés auxquels ils atteignent. — Conditions agricoles dans lesquelles l'élevage des Durhams peut être tenté avec succès.

Pour faciliter la constatation de la généalogie des animaux, un ouvrage fut publié : le *General short horned Herd Book* fut entrepris par M. G. Coates, en 1822 ; le treizième volume a été publié en 1859. — Il ne faudrait pas croire que le *Herd Book* ne renferme que les noms des animaux purs : cette publication est une spéculation, les éleveurs y font inscrire leurs animaux moyennant certaine somme et il faut savoir lire dans le *Herd Book* pour pouvoir y constater le degré de pureté des animaux qui y sont inscrits.

Le prix auquel les éleveurs de la race pure maintiennent leurs animaux indique assez qu'ils sont peu nombreux. Lord Spencer fixait le prix de ses taureaux entre 1 000 et 2 500 fr. ; M. Witaller ne les livrait pas à moins de 1 500 à 2 000 fr. ; M. Raine voulut 2 500, 4 000 et 5 000 fr. de ses bons animaux et ne faisait aucun rabais. Plus tard le prix augmenta encore, M. Rates exigeait 5 000 fr. pour un veau médiocre, 10 000 fr. pour un bon.

Pour constater l'importance de leur élevage, pour soutenir leur réputation, les grands éleveurs engraissent chaque année une génisse, une vache ou un bœuf, pour le grand marché de Smithfield qui doit approvisionner Londres le jour de Noël ; ils envoient aussi leurs animaux aux expositions qu'organisent la société royale d'agriculture et les sociétés des comtés.

Dans le remarquable ouvrage qu'a publié M. Lefebvre Sainte-

Marie sur l'histoire de la race de Durham et auquel nous faisons de fréquents emprunts, nous trouvons quarante-huit ventes d'animaux; nous y ajoutons deux ventes qui ont eu lieu depuis : l'une a eu lieu le 21 juillet 1852, elle a été faite par M. Booth à Killerby; l'autre est du 29 septembre 1853, le vendeur était M. Holmer à Moycastel Farm en Irlande ; en groupant les résultats de ces deux ventes avec ceux que donne l'*Histoire de la race de Durham*, nous trouvons les prix suivants, se rapportant à cinquante ventes; depuis et y compris Ch. Colling jusqu'en 1853, on a obtenu :

Pour 2 123 femelles,	2 327 172 fr. 53 c.	— Moyenne par tête,	1 096 fr. 17 c.
Pour 533 mâles. .	736 475 fr. 07 c.	—	1 381 fr. 76 c.
Pour 2 656 têtes, total.	3 063 647 fr. 60 c.		1 153 fr. 48 c.

Les prix les plus élevés qu'aient atteints les vaches ont été pour Ch. Colling, 10 588 fr.; pour R. Colling, 9 783 fr.; pour lord Carlisle en 1839, 8 460 fr. donnés pour une vache de huit ans ; à la vente de 1853, en Irlande, une vache est montée à 7 379 fr.

Les taureaux ont naturellement atteint des prix plus élevés ; outre Comet, vendu 26 470 f., Lancastre à Robert Colling 16 438 f., Usurer vendu après la mort de lord Spencer, en 1861, 10 588 fr., nous avons vu en France Master Butterfly atteindre le prix de 50 000 fr.

Aucune autre race n'a jamais fourni des animaux d'un prix aussi élevé, et pour le justifier il faut que les qualités que présentent les Durhams soient bien évidentes. Quelles sont donc ces qualités ? dans quelles conditions ces animaux peuvent-ils être élevés ? C'est ce que nous devons étudier maintenant.

La condition première de l'élevage des Durhams est de leur fournir, été comme hiver, une nourriture abondante; on comprend facilement, au reste, qu'il importe, pour utiliser une machine aussi parfaite que l'est cet animal, de la placer dans des circonstances favorables; et si une nourriture abondante est nécessaire à toutes les races de boucherie, elle l'est particulièrement aux Durhams.

Cette condition d'une nourriture abondante, même pendant l'hiver, indique d'abord que la place des Durhams est seulement dans une culture avancée, riche, prodigue de fourrage et de racines, sachant prévoir la saison rigoureuse, et n'étant pas ré-

duite à envoyer les animaux chercher sur les terres durcies par le froid quelques herbes à moitié gelées.

Il est reconnu par tous les éleveurs que si une nourriture abondante est nécessaire aux races précoces, elle l'est surtout pendant le jeune âge; aussi le jeune veau de Durham est-il immédiatement bien nourri ; on le laisse teter sa mère, et si celle-ci est insuffisamment laitière, on donne parfois au jeune animal une seconde nourrice; quand on le nourrit au seau, on lui donne pendant les premiers mois du lait pur non écrémé; ce n'est que lorsqu'il peut déjà consommer d'autres aliments qu'on lui donne seulement du petit lait.

Le sevrage a lieu à 4, 6 et 8 mois ; mais déjà, avant qu'on ait séparé le veau de sa mère, on lui donne de l'herbe, du foin avec des tourteaux de lin, de l'avoine ou de la farine; tantôt les jeunes mâles et les génisses sont envoyés à l'herbage, tantôt au contraire les mâles sont gardés en boxes. La saillie commence pour les mâles vers 15 à 16 mois ; si les produits sont bons, on conserve les taureaux jusqu'à 12 et 16 ans; les femelles sont saillies de 18 mois à 2 ans. Lorsqu'on doit les garder comme laitières on s'efforce de ne pas les engraisser ; à cet effet on les maintient l'été sur des pâtures médiocres, et l'hiver elles reçoivent, dans les boxes, de la paille à laquelle vient s'ajouter un faible supplément de turneps.

V

Qualités des animaux de Durham. — Leur rendement en lait. — Leur structure. — Avantages que présente l'introduction en France des animaux de Durham.

On a beaucoup discuté sur les qualités laitières des vaches de Durham; mais il est certain que ces animaux, si admirables pour la boucherie, ne donnent pas des rendements en lait extraordinaires.

D'après les renseignements que nous avons pu nous procurer, les vaches de Durham donneraient par jour :

	litres
Après le vêlage.	11,20
De 3 à 6 semaines (plein lait).	14,33
Du vêlage à 2 mois.	13,33
De 3 à 8 mois.	8,35
De 9 à 16 mois.	4,83

La faculté laitière des Durhams n'a donc rien de bien remarquable, et ce serait une faute d'élever cette race si l'on voulait spéculer sur la production du lait ; mais il faut reconnaître cependant que pour une race de boucherie la race de Durham a des qualités laitières distinguées, et que sont loin de partager les autres races précoces de la Grande-Bretagne, notamment les Hereford.

Il est certain qu'en s'améliorant, qu'en se perfectionnant pour la boucherie, la race de Durham a perdu quelques-unes de ses qualités laitières, et que les vaches de Yorkshire, d'Holderness, le bétail du nord-est de l'Angleterre, première souche des Durhams, ont conservé une disposition à la sécrétion du lait qui a disparu dans les animaux améliorés pour la boucherie : nouvelle preuve à l'appui de cette vérité, que l'on ne peut développer les aptitudes d'un animal dans une direction sans les diminuer dans une autre, qu'il existe une sorte de balancement des forces organiques, et que vous ne pouvez simultanément développer des dispositions différentes.

L'examen le plus superficiel suffit au reste pour montrer que le bœuf de Durham réalise complétement le type idéal de l'animal de boucherie. L'ossature est légère, la tête fine et mince, comme le sont les côtes et toutes les parties dont le squelette forme la base. Tous les organes qui s'isolent du tronc, la tête, les membres, la queue, s'unissent à la masse du corps par une large attache, indice d'un développement central puissant, et sont déliés à leur terminaison ; ils prennent ainsi une forme conique qui est d'autant plus accusée que la base est plus large et l'extrémité plus effilée. La peau est peu épaisse, moelleuse, douce au toucher ; elle roule comme sur un coussinet graisseux et se recouvre d'un poil doux et soyeux, rouge ou blanc, quelquefois bringé. Ce qui caractérise enfin cette race remarquable, c'est la forme générale du tronc qui se rapproche plus d'un cylindre que celle d'aucun autre animal.

L'ampleur considérable de la région thoracique est due non-seulement à une conformation particulière de la race, que les animaux se transmettent les uns aux autres, mais elle est aussi singulièrement favorisée par l'alimentation abondante dès le jeune âge.

Alors que la puissance formatrice a le plus d'énergie, et qu'elle manifeste surtout son activité dans le développement de la portion centrale de l'organisme, on fournit à cette puissance des maté-

riaux abondants, elle les met en œuvre et la région thoracique prend un développement considérable. D'ailleurs, les premiers temps de la vie sont favorables à l'accumulation de la graisse, surtout à la périphérie du corps et dans les intervalles des masses musculaires, et cette tendance, aidée d'un régime approprié, concourt encore à épaissir cette région thoracique.

Une alimentation riche, dès la naissance, a donc cette double conséquence, d'engager le développement des animaux dans la voie qu'ouvrent elles-mêmes à l'industrie de l'homme les lois de la nature et de favoriser l'aptitude qu'ont les animaux jeunes à produire de la graisse dans un tissu cellulaire plus abondant. La machine animale prend ainsi une direction particulière, un tempérament propre, qui se caractérisent par la prépondérance des facultés nutritives sur les facultés locomotrices, par l'exagération des forces assimilatrices relativement aux autres.

La nutrition, ainsi appelée sur certaines parties de l'organisation, y augmente de puissance, et elle reste par compensation moins active dans les autres parties. Tous les effets des lois physiologiques sur l'accroissement qu'amène l'exercice et sur le balancement des forces organiques se produisent alors; tous les caractères qui en sont la suite se prononcent. Ainsi le développement plus actif et plus considérable du tronc appelle la réduction des membres, l'aptitude à prendre la graisse de bonne heure, favorise l'amplification du tissu cellulaire sous-cutané, constituant souvent un panicule épais, même une sorte de couche lardacée; la prédominance des systèmes qui se complètent plus rapidement, du système musculaire et de ses dépendances, a pour contre-coup la subordination du système osseux, du système cutané et de ses appendices.

Ces faits sont bien connus; et de tous les caractères qui révèlent chez les animaux l'aptitude à s'engraisser, à prendre un développement hâtif, à tirer bon parti des aliments, à gagner en poids, l'ampleur de la poitrine est celui qui est regardé comme ayant la signification la plus certaine. Sur ce point les praticiens, les observateurs, les écrivains de tous les pays sont unanimes, à quelque titre qu'ils se soient occupés de bétail.

Les auteurs qui ont proposé une explication de ce caractère sont aussi généralement d'accord pour considérer le développement de la poitrine comme l'indice du volume et de l'activité

des poumons ; ils rattachent ainsi la puissance d'assimilation chez les animaux les plus remarquables comme utilisateurs de leur ration, à une énergie plus grande des fonctions respiratoires.

Il est aisé de voir cependant qu'il y a dans ce rapprochement quelque chose de peu satisfaisant pour l'esprit. La fonction respiratoire, l'introduction dans l'organisation du gaz comburant de notre atmosphère, a pour but de mettre en jeu les affinités chimiques qui s'exercent entre le carbone et l'hydrogène des aliments et l'oxygène, d'engendrer ainsi chaleur et mouvement. Nous comprenons bien qu'un cheval de course, destiné à produire dans un temps donné le plus grand effort de vitesse possible ait une respiration très-active ; il faut certainement que son appareil à combustion, la machine à feu qui fournira le mouvement, ait de grandes dimensions, qu'elle fonctionne avec énergie. Mais comment en est-il ainsi dans l'animal de boucherie, à qui on ne demande ni vitesse ni travail ; comment la propriété comburante, qui s'attaque d'abord, l'expérience le démontre, à la graisse, serait-elle particulièrement favorisée dans l'animal qui accumule cette graisse dans ses tissus avec le plus de facilité ?

Il y avait dans ces rapprochements une contradiction évidente, et de nouvelles recherches étaient nécessaires pour constater si, comme on le pensait, le développement des poumons était lié à celui de la circonférence thoracique ; si large poitrine qui signifie, à n'en pas douter, animal apte à prendre la graisse, signifie en même temps animal à respiration très-active.

Or, les comparaisons qu'on fit à la suite des concours de Poissy pendant plusieurs années établirent des propositions tout à fait contraires, que nous croyons devoir formuler ici, en renvoyant pour les détails au Mémoire publié sur ce sujet [1].

« Parmi les animaux de même race, le plus faible poids relatif des poumons se rencontre chez ceux qui ont le poids vif le plus élevé et le plus fort poids relatif des poumons chez ceux qui ont le poids vif le plus faible.

« Chez les animaux des races précoces, le poids des poumons est

[1] E. Baudement : Observations sur les rapports qui existent entre le développement de la poitrine, la conformation et les aptitudes des races bovines. *Annales du Conservatoire*, tome II, page 1re (1861).

absolument et relativement plus faible que chez les animaux de races tardives.

« La comparaison des races françaises avec les races britanniques les plus perfectionnées au point de vue de la boucherie met ce fait en évidence.

« De ces propositions, il résulte que les animaux les plus remarquables par leur poids acquis, leur engraissement, leur précocité, le développement de leur région thoracique, ont les poumons les moins volumineux. »

Ce fait bien constaté est, nous le répétons, des plus remarquables au point de vue physiologique; il se rattache très-nettement aux idées émises par le savant naturaliste Darwin sur la variation que présentent les organes suivant les besoins. Depuis longtemps, on avait remarqué que les animaux des races anglaises, inactifs, à qui on ne demande aucun autre service que de s'accroître le plus promptement possible, prenaient un développement considérable du tronc, des organes de la vie végétative, tandis que les organes de la vie de relation allaient s'amoindrissant; les jambes devenaient minces, grêles, à peine capables de porter la grosse masse qui pèse sur elles. Baudement démontre de plus que chez ces animaux fainéants qui ne doivent produire aucun travail, l'appareil à combustion, le poumon, se réduit[1].

En conservant le mot de *machines animales* si heureusement employé par Baudement pour désigner les animaux domestiques, ces faits viennent confirmer de la façon la plus curieuse tout ce que nous savons sur la production de la chaleur et du mouvement. La machine qui travaille avec énergie, c'est notre bœuf français : il a un large foyer; la machine qui ne dépense aucune force, au contraire, c'est le bœuf anglais : son foyer se réduit avec les appareils de locomotion qu'il devait animer; ni ses aïeux ni lui n'ayant travaillé, l'organe où l'air, source de combustion, doit affluer, s'amoindrit.

Si on cherche dans les observations recueillies à Poissy sur les bœufs Durham qui y ont été présentés, leur valeur comme producteurs de viande et de suif, on est frappé de voir que le rapport entre le poids vif et le poids net, autrement dit le rendement en viande est toujours très-considérable; il n'est jamais au-dessous

[1] Voyez, dans l'*Annuaire de* 1864, *la Chaleur animale*.

de 64 pour 100 et atteint parfois 72; on peut le mettre en moyenne à 68; c'est ainsi que des animaux qui n'ont pas encore atteint trois ans et qui pèsent jusqu'à 900 kilog., donnent plus de 600 kilog. de viande.

C'est une idée assez généralement répandue dans le public, que le travail développe certaines qualités dans les muscles, certaines fermetés dans les chairs, qui se traduisent par une plus grande saveur au moment de la consommation. On accuse parfois les bœufs précoces des races anglaises de donner une viande molle, sans consistance, peu agréable au goût... Nous sommes en mesure de discuter toutes ces questions, car pendant plusieurs années, non-seulement on a constaté après le concours de Poissy les rendements des bœufs primés, mais encore une commission s'est réunie afin de déguster les viandes provenant de ces animaux primés; le jugement ainsi porté venait s'ajouter à celui qu'on avait pu faire à l'étal d'après les qualités extérieures des viandes.

Il a été reconnu dans ces épreuves que la viande des animaux anglais était de fort bonne qualité, et un des animaux primés en 1858 a fourni un bouillon et un bouilli qui ont été classés au premier rang; toutefois l'ensemble des qualités des Durhams ne leur a pas permis de conserver ce premier rang; l'engraissement de l'animal dégusté avait été porté tellement loin que la viande en avait contracté un goût très-lointain de suif.

En résumant l'appréciation faite à l'étal pendant plusieurs années et en désignant par des nombres les qualités des différentes races, Baudement a pu classer approximativement les animaux dans l'ordre suivant : En première ligne les Durhams-Manceaux qui ont été désignés par le chiffre 100; les Choletais sont venus ensuite et ont été désignés par le nombre 98; les Limousins ont occupé le troisième rang avec le chiffre 97 : les Agennais ont eu 95; les Durhams Schwitz-Normands et les Durhams-Normands 93; enfin, les Durhams, placés seulement au sixième rang, ont obtenu le chiffre 92.

Ainsi les croisements de sang Durham auraient en général une qualité de viande supérieure à ceux des Durhams purs. Toutefois les chiffres mêmes qui représentent ces qualités sont tellement voisins les uns des autres qu'il est aisé de voir qu'ils ne désignent rien autre chose que des nuances; et il est extrêmement probable qu'on ne pourra pas distinguer une fois sur 10, après la cuisson, une viande d'un animal de la race de Durham, engraissé convenablement sans

excès, de celle d'un autre animal également bien préparé pour la boucherie. Ainsi les animaux de Durham, précoces, faciles à engraisser, donnant une viande de très-bonne qualité, peuvent être considérés comme réalisant complétement le type des animaux de boucherie. Et l'un des avantages qu'aura eus leur introduction en France, sera précisément d'avoir mis sous les yeux de nos éleveurs ce type parfait. La race de Durham peut encore être employée utilement pour donner avec nos races locales des produits de croisement.

Nous avons dans plusieurs de nos départements d'élevage des races molles, médiocres comme structure, sans grand caractère, sans grande énergie. Si on leur donne le taureau de Durham il leur imprime aussitôt ses caractères. Sa puissance d'atavisme les domine, et les animaux se rapprochent rapidement d'un type meilleur; on doit, suivant Baudement, pour arriver avec certitude dans ces croisements, y consacrer seulement des mâles purs; le taureau Durham, seul, doit être employé. Quant aux vaches croisées, elles s'approchent de plus en plus près des Durhams purs, et peuvent contribuer rapidement à l'amélioration de la race. Plusieurs de nos éleveurs ont ainsi très-heureusement substitué à notre race Mancelle qui habite les départements de la Mayenne et de la Sarthe, des animaux Durhams-Manceaux, plusieurs fois couronnés à Poissy, chez lesquels le sang Durham prédomine de plus en plus et qui finiront sans doute par acquérir presque toutes ses qualités. On comprend bien, au reste, que la race Mancelle étant douée d'un très-faible atavisme, soit peu à peu absorbée par la puissance reproductrice des Durhams, développée au plus haut point par la méthode *in and in* qui a créé la race.

Quand on veut faire agir le Durham sur des races plus stables, moins molles que les Mancelles, il importe de briser d'abord cette stabilité par quelques croisements chez les femelles, en donnant à une vache Schwitz-Normande le taureau de Durham; on aura sans doute plus de chance de rapprocher les produits du type de l'animal de boucherie qu'en employant des vaches Normandes pures ou Schwitz purs.

Baudement insistait beaucoup sur l'idée que le croisement n'est capable de donner que des produits, mais qu'il est impuissant à créer des races; et si on en excepte en effet la race des chevaux de course anglais, obtenue par le croisement des étalons arabes, bar-

bes, orientaux, avec les juments de la race locale, on ne trouve pas d'exemple de race présentant des caractères certains capables d'être transmis au produit obtenu par le croisement. En tous cas, Baudement recommandait même, pour obtenir des produits, l'emploi des étalons purs, et il avait fait pénétrer cette idée dans l'esprit d'un grand nombre d'éleveurs ; au dernier concours national de 1860, plusieurs des prix destinés d'abord aux étalons demi-sang ne furent pas donnés, et l'opinion de Baudement ne fut pas indifférente à la décision que prit le jury hippique dont cependant il ne faisait pas partie.

L'étude de la race de Durham vient donc à l'appui de la thèse que Baudement a toujours soutenue, savoir que pour conduire une race à la perfection, il faut ne lui demander qu'un genre de services, il faut la spécialiser ; c'est là surtout ce qui le frappait quand il parlait des remarquables succès des éleveurs de la Grande-Bretagne : « La supériorité de l'agriculture anglaise, disait-il déjà en 1852, consiste non dans le climat, dans les capitaux, dans les machines, dans la nature des races primitivement meilleures, mais bien dans l'esprit et dans l'éducation essentiellement industrielle des producteurs, pour qui toutes ces conditions ne sont que des moyens d'arriver à la perfection. Ce que j'admire en face de ces étonnantes machines nommées cheval de course, clydesdale, roadster, bœufs durham, devon, d'Ayr, mouton dishley, southdown ou cheviot, porc berkshir ou new-leicester, c'est bien moins le résultat que l'idée industrielle d'où sont sorties ces machines pour un but spécial ; c'est la netteté de conception, la sûreté du coup d'œil, le parti pris qu'ont exigé de pareilles créations. Je ne mentionne ni la persévérance dans le plan, ni la ténacité saxonne. Ce sont ces habitudes industrielles qu'il faut emprunter aux Anglais ; elles nous conduiront parfois à l'imitation, quand les conditions économiques seront pour nous les mêmes que chez nos voisins ; elles nous fourniront toujours une méthode, quelles que soient les circonstances au milieu desquelles nous devrons opérer. »

P. P. Dehérain.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

SCIENCES PURES

ASTRONOMIE

L'aérolithe d'Orgueil, par M. P. P. Dehérain 1

De la variabilité et de la disparition des nébuleuses, par M. Amédée Guillemin. 7

I. Classification des nébuleuses en nébuleuses résolubles et en nébuleuses irréductibles; opinion de W. Herschel. — Hypothèse de la matière nébuleuse; ses évolutions. — Génération des étoiles. 7

II. Progrès récents dus aux grands instruments d'optique; résolution des nébuleuses regardées jusqu'ici comme irréductibles. — Travaux de P. G. Bond, de lord Rosse. — Constitution stellaire des nébuleuses d'Andromède, d'Orion, du Chien de chasse, de la Lyre et du Renard. — Infirmation de la théorie de la matière nébuleuse. 14

III. Observations récentes des nébuleuses variables ou disparues. — Difficultés inhérentes à ce genre d'observations. — Nébuleuses variables du Taureau. — Des hypothèses susceptibles d'expliquer le phénomène de la variabilité des nébuleuses; renaissance forcée de la théorie d'une matière nébuleuse cosmique. 19

PHYSIQUE

Chaleur solaire et forces terrestres, par M. P. P. Dehérain. 27

I. Les vents sont dus à la dilatation de l'air produite elle-même par la chaleur solaire. — Vents alizés. — Vents d'ouest. — Halley. — Hadley. — Franklin. . 29

II. Vaporisation de l'eau sous l'influence de la chaleur solaire. — Condensation de la vapeur d'eau. — Glaciers. — Neige. — Pluie. — La force des cours d'eau provient de la chaleur solaire. 34

III. La force contenue dans la houille provient de la chaleur solaire. — Décomposition de l'acide carbonique par les végétaux. — Absorption de chaleur. — Combustion. — Dégagement de la chaleur solaire. 40

IV. La force musculaire provient de la chaleur solaire. — Détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur. 49

V. Origine de la chaleur solaire. — Idées de Mayer. 52

CHIMIE

Les hautes températures, par M. P. P. Dehérain. 59

I. Diverses méthodes employées pour obtenir les hautes températures. — Principes sur lesquels reposent les nouveaux procédés. — Anciens appareils. — Instruments

de M. H. Sainte-Claire Deville. — Chalumeaux à gaz oxygène et hydrogène. — Piles électriques. 60
II. Actions chimiques produites par la chaleur. — Combinaisons et décompositions. — Phénomènes de dissociation. — Appareils propres à les mettre en lumière. — Filtration des gaz à travers les tubes. — Expériences de M. Graham. — Expériences de M. H. Sainte-Claire Deville. 65

La composition de l'atmosphère. — Travaux récents de M. J. Janssen et de M. A. Houzeau, par M. P. P. Dehérain. 76

I. L'analyse spectrale. — Divers aspects du spectre solaire, à différentes heures de la journée. — MM. Brewster et Gladstone. — M. Janssen. — Les raies telluriques. — A quoi les attribuer. — Difficultés de l'expérimentation directe. 77
II. Découverte de l'oxygène modifié ou ozone. — Diverses hypothèses. — MM. Frémy et Becquerel. — Oxygène modifié obtenu par voie chimique. — M. Houzeau. — Oxygène naissant. — Oxygène mourant. — Diverses méthodes pour le reconnaître. — Papiers ozonométriques. — Curieuses expériences de M. Houzeau. — Leur vérification. 81

PHYSIQUE DU GLOBE

Les systèmes de montagnes. — Le réseau pentagonal de M. Élie de Beaumont, par M. A. Reitop 87

I. Terrains sédimentaires et ignés. — Failles et filons. — Chaînes de montagnes. — Leur direction, leur âge. — Parallélisme des accidents contemporains. — Définition d'un système de montagnes 88
II. Causes probables des déformations de l'écorce terrestre. — Refroidissement de la terre 95
III. Du réseau pentagonal 100

Les hautes régions de l'atmosphère, par M. F. Zurcher 104

I. Hypothèses sur la hauteur de l'atmosphère. — Ascensions aérostatiques. — Décroissement de température. — Vitesse de ce décroissement 104
II. Ascensions sur les montagnes. — Causes diverses du froid des hautes régions. 109
III. Distribution de la chaleur dans l'atmosphère. — Limite des neiges éternelles. — Propriétés curieuses de la glace. — Mouvement des glaciers.. 114

Les profondeurs de l'Océan, par M. Élie Margollé. 123

I. Résultats des sondages effectués dans diverses mers. — Lignes de sonde. — Les constructeurs de monde. — Coraux. — Polypiers. — Télégraphes électriques. — Lignes transatlantiques. 124
II. La flore de l'océan. 134

PHYSIOLOGIE

Les Vivisections. — Des expérimentations sur les animaux vivants. — Leur indispensable nécessité pour les progrès de la physiologie. — Examen des objections faites à ce genre d'étude, par M. A. Duméril. 140

Les Générations spontanées et les corpuscules organisés de l'atmosphère, par M. P. P. Dehérain. 147

I. Historique. — Van Helmont. — Needham. — Spallanzani. — Expériences curieuses de MM. Schwann, — Schultze, — Schrœder. — M. Pouchet, en 1859, ranime le débat. 152
II. Étude micrographique de l'air atmosphérique. — Élégante méthode de M. Pas-

teur. — Recherches de MM. Pouchet, Joly et Musset. — Travaux récents de M. Lemaire. 158
III. Expériences de M. Pasteur sur les infusions. — Leur ensemencement avec les poussières de l'air. — Essais avec l'air des montagnes. — MM. Pouchet, Joly et Musset obtiennent des résultats différents de ceux de M. Pasteur. — Expérience de M. Pouchet sur la bière. — Résistance vitale des animalcules inférieurs. 161
IV. Commission nommée par l'Académie pour juger le débat. — On ne peut s'entendre. — Leçon de M. Joly.— Opinion de M. Frémy. — Observations de M. Coste. — Opinion de M. Chevreul. — La question reste encore indécise. 171

Migration des vers intestinaux, par Ed. Vignes. 179
I. Découverte des parasites à migrations. — M. van Beneden. — Régularité des pérégrinations des helminthes. — Prodigieuse fécondité ; l'individu sacrifié à l'espèce. — Installation du parasite et de sa descendance. 179
II. Parasites migrateurs du groupe des Trématodes.—Caractères des Trématodes. — Organisation. — Perfection de l'appareil reproducteur. — Faits curieux de génération. — Formation des œufs. — Le nombre des œufs en raison inverse de leur perfectionnement. — Développement de l'embryon. — Phases successives d'évolution et migrations correspondantes.—Expériences de M. van Beneden. 184
III. Parasites migrateurs du groupe des Cestoïdes.— Caractères des Cestoïdes.—Simplicité de leur structure. — Conditions de leurs migrations. — Nature des milieux habités. — Individualité de chacun des segments du corps. — Manière remarquable dont s'effectue la ponte. — Développement de l'œuf. — Métamorphoses de l'embryon et migrations correspondantes. — Expériences et observations diverses relatives au ténia ordinaire. — Cœnure du tournis. — Bothriocéphale, Tétrarhynque et Echinobothrium. 192
IV. Parasites migrateurs du groupe des Nématoïdes. — Filaires et Mermis. — Trichines des muscles. 202

DEUXIÈME PARTIE

SCIENCES APPLIQUÉES

MÉCANIQUE, ART DE L'INGÉNIEUR

La traversée des Pyrénées, par M. E. Menu de Saint-Mesmin. 207
I. Divisions de la chaîne des Pyrénées. — La faille du val d'Aran. — Anomalies.— Le détroit des provinces Basques. — Age de la montagne. — Esquisse géologique. — Déclivité primitive. — Aspect général des Pyrénées. 207
II. Les grandes chaussées des Pyrénées. — Voies inachevées. — De Bayonne à Pampelune. — Retour en France par le col du Pertuis. — De Perpignan à Urgel par Puycerda. — Les principaux ports. — Le torrent des invasions. 213
III. De Perpignan à Barcelone. — Le chemin de fer de Bayonne à Madrid. — Développement du tracé. — Travaux d'art. — Avenir de la ligne. — Une strophe du chant d'Altabiçar. — Conclusion. 218

Études sur la ventilation. — Hôpitaux. — Théâtres, par M. P. Schwaeblé. . 226
I. Généralités. — Comment l'air pur s'altère. — Ventilation des habitations particulières. — Quantités d'air nécessaires à une bonne ventilation. — Anémomètres. 226
II. Des divers systèmes de ventilation. — Leur application à l'hôpital Lariboisière et à l'hôpital militaire de Vincennes. 232
III. Des théâtres. — Considérations générales. — Éclairage. — Chauffage. — Ventilation. 236
IV. Théâtre Lyrique. — Théâtre de la Gaîté. — Théâtre du Châtelet. — Amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers. 242

PHYSIQUE APPLIQUÉE

Le grand prix d'électricité.— M. Ruhmkorff, par M. Fargues de Taschereau.. 251

Le grand prix d'électricité. — Fondation en 1852. — Concours sans résultat de 1858. — Prix donné en 1863. — M. Ruhmkorff, M. Froment. — Les lauréats de l'avenir. 251

Les soleils artificiels, par M. E. Saint-Edme. 257

Justification du titre.— La lumière électrique à bon marché. — Phares électriques — Éclairage électrique des vaisseaux, des mines, des profondeurs de la mer. — État actuel des applications de la lumière oxy-hydrogène. — Découverte d'un fait ancien. — La lumière au magnésium. — Réalisation de la photographie de nuit. — Nouveau soleil artificiel. 257

CHIMIE APPLIQUÉE

Les poisons végétaux, par P. P. Dehérain. 268

I. Poisons végétaux. — Conicine. — Alcaloïdes de l'opium. — Strychnine et brucine. — Digitaline. — Nicotine. — Acide prussique. — Barbasco. — Curare. 270

II. Actions variées qu'exercent les poisons sur l'économie. — Poisons du système nerveux sensitif, du système nerveux moteur, du système musculaire. — Remarquables recherches de M. Claude Bernard sur le curare, la nicotine, la strychnine, l'oxyde de carbone. 280

III. Derniers progrès de la médecine légale. — Expertise de M. Stas dans l'affaire Bocarmé. — La dyalise. — Elle est parfois impuissante. — Méthode physiologique. 285

GÉOGRAPHIE

Le Nil et ses sources, par M. Ernest Morin. 296

I. *Le Nil* — Un bulletin d'Amrou : les triomphes du Nil. — Albuquerque le Grand et le grand Alexandre. — Le berceau du Nil. 296

II. *Ce que l'antiquité sut du Nil.— Nili quærere caput.* —Les rois Ibrahim et César. — Les centurions de Néron. — Une vérité qui attend son jour dix-sept cents ans. — Othello. — Les hommes à queue. — Les Anthropophages. — Aux découvreurs égoïstes. 298

III. *Les sources du Nil cherchées dans la région du Nil Bleu.* — Bruce découvre les sources du Nil qu'on connaissait. — Encore l'expédition française en Egypte. — Conquérants et voyageurs. — Méroë. — Le confluent des deux Nils. — Khartoum. — Le Fazokl. — Adulis. — Paysages abyssins. — Les Gallas. — Le Sômal. — Les frères d'Abbadie. — Grandes espérances. — Le drapeau tricolore dans la forêt vierge de Babya. — Les feux follets de la science. 302

IV. *Les sources du Nil cherchées dans la région du Nil Blanc.* — Une souscription ouverte à Paris pour la recherche des sources. — Mohammed-Ali, — Le Binbachi Selim au lac Nô. — Civilisés et sauvages. — La région des Marais. — L'ingénieur d'Arnaud. — Le confluent du Saubat et du Bahr-el-Ghazal. — Don Ignace Knoblecher. — Les missionnaires. — Brun Rollet à Belenia. —Les cataractes.—*Auri sacra fames.* — Petherick. — Œdipe et le sphinx. — Le martyrologe du Nil. — Guillaume Lejean. — Albe et Rome. — John Hanning Speke et Alfred Peney. — Peney pose le problème et meurt. — Speke le résout. 308

V. *Le réservoir du Nil tourné. Les grands lacs.*— Mélinde. — Les vaincus.— Lewis Krapf à Rabbaï m'pia. — La montagne d'Argent (le Kilima-Ndjaro) et le Kenia.

— Incrédulité de la critique de cabinet. — Le docteur Roscher. — Un millionnaire au Kilima-Ndjaro, de Decken. — Ce qu'on disait des grands lacs. — Deux monuments de la géographie primitive. — Le Maravi de d'Anville effacé par Lapie, retrouvé par Livingstone. — Richard Burton et Speke. — La terre de la Lune. — Le lac Tanganyika. — Le Rusizi. — Speke au Nyanza. — Le grand réservoir du Nil. 216

VI. *Début de l'expédition de Speke. Il atteint Kazeh.* — Speke quitte à Londres Petherick et lui donne rendez-vous à Gondokoro. — Ce que l'Angleterre a fait pour Speke. — Tout pour la guerre. — Sir George Grey. — Speke à Zanzibar. — Huit mois perdus. — Les sultans d'un jour. Le hongo. — L'Usagara ou la chasse à l'esclave. — Avenir de Zoungomero. — Le grand entrepôt de Kazeh. — Le pays de la Lune (Uninyamouezi). — Richesse agricole et minérale. — Speke fait son bilan. — Découragement. 325

VII. *Speke explore au Karagoueh la région des monts de la Lune et des Marais du Nil.* — Un visiteur importun. — Pauvreté du vocabulaire géographique chez les nègres. — Les récits de voyages de Malaka. — La vallée de Lohougati. — Souvenir des jours heureux. — Le Karagoueh. — Le Mfombiro et les montagnes de la Lune. — Le bassin du Nil. — Les marais du Nil. — Le Rousizi. — Desiderata de l'expédition. — La Kitangoulé. Le Baringo. — L'été au Karagoueh. — De la monarchie tempérée du Karagoueh. 329

VIII. *Speke explore Ougenda, le rivage occidental du Nyanza.* — La monarchie absolue dans l'Ouganda. — La peine de mort proscrite au Karagoueh. — Les Wualouma. — L'Uddou. — Speke revoit le Nyanza. — Beauté et richesse de l'Ougania. — Vallée de la Katanga. — La Mwrouango. — Palais du roi Mtesa. — Présentation à la cour. — Splendeurs royales. — Les N'iyanzig. — Maximes monarchiques. — Comment on essaye une carabine Whitworth. — Le roi s'habille à l'anglaise. — La crique Murchison. — Visite au génie du lac. — Obstacles et déceptions. — Le Nyanza et le Tsad. — Arrivée de Grant. — Départ de l'Ouganda. 335

IX. *Speke suit et perd trois fois le Nil du Nyanza à Gondokoro.* — Le Louajerri. — Ourondogani. Le réservoir du Nil. — Isamba. — Les chutes du Nil. — Le Nil est barré à Speke. — Ce que Speke a fait en réalité. — Perplexité. — L'Ounyoro et les Ouanyoro. — Chaguzi. — Kamrasi. — Un éclaireur à la découverte. — Audience de congé. — Un remède contre les révolutions. — Confluent de la Kafu et du Nil. — Pente du fleuve. — Le Chopi. — Le Kidi. — Races du sud et races du nord. — Les chutes de Karouma. — Itinéraire abrégé. — Un traitant d'ivoire. — Grave problème. — Apouddo, le tamarinier de Miani. — Les rapides du Nil. — Vingt ans après. — Speke retrouve le Nil pour la troisième fois. — Gondoroko ; sa position fixée. — Une rencontre. — Le désappointement de Samuel Baker. — La muse de la géographie héroïque. — Petherick est retrouvé. — Émotion de l'Angleterre. — Speke à Londres. 341

X. *L'Afrique connue.* — Humboldt à Ritter. — Grands projets d'Alexandre. — Néarque. Expéditions de Phéniciens. — Hannon. — Un découvreur moderne dans l'antiquité, Eudoxe. — L'Afrique fermée par ses côtes, pénétrable par ses rivières. — La colonisation portugaise rayée de l'histoire. — Le dix-neuvième siècle renverse la barrière. — Essaim d'explorateurs. — La configuration de l'Afrique centrale devinée par sir Roderick Murchison. — L'Équateur, zone pluvieuse. — L'ouest de la région équatoriale inconnu. — Mort de Speke. — Richesses de l'Afrique centrale. — Libération de l'esclave par le travail et le commerce. — Libéria. — Ce que l'Afrique réserve à l'Europe ; ce que l'Europe apporte à l'Afrique 355

CHIRURGIE

Fonctions du périoste, applications chirurgicales, par M. U. Trélat. 364

I. Des fonctions du périoste. — Histoire de cette découverte. 364

II. Conditions dans lesquelles s'exerçent les fonctions du périoste. 368
III. Histoire des applications chirurgicales des fonctions du périoste. 370
IV. Prix de l'Institut. — État actuel de la question. 376

MÉDECINE

La Circulation du sang. — Travaux récents de M. Marey, par M. Dehérain . 382

I. Historique de la découverte de la circulation du sang. — Galien. — Vésale. — Fabrice d'Acquapendente. — Michel Servet. — Harvey. 384
II. Étude du cœur. — Appareil synthétique de M. Marey. — Cardiographe. . . 387
III. Les artères. — Leur élasticité et leur contractilité. — Influence du système nerveux. — Étude du pouls. — Ses différentes formes. — Sphygmographe . 392
IV. Applications des connaissances précédentes. — Chaleur animale. — Différences de température des différents points de l'économie. — Fièvre. — Algidité. — Anévrysmes. 397

ZOOTECHNIE

A race des bœufs de Durham, par M. P P. Dehérain. 404

I. Aspect du comté de Durham. — Nature du bétail qui s'y trouvait autrefois. 406
II. La race de Durham a-t-elle été produite par croisement. 408
III. Élevage de Ch. Colling 411
IV. Rareté des animaux purs de la race de Durham. — Prix élevés auxquels ils atteignent. — Conditions agricoles dans lesquelles l'élevage des Durhams peut être tenté avec succès 416
V. Qualités des animaux de Durham. — Leur rendement en lait. — Leur structure. 418
Avantages qu'a présentés l'introduction en France des animaux de Durham. . 421

Table des noms d'auteurs 432

AUTEURS

CITÉS DANS CET OUVRAGE

Abbadie (Ant. et Ar. d'), 305 et suiv.
Abou-Djafar-Mohammed-Ben-Mussa, 319.
Acquapendante (Fabrice d'), 386.
Agassiz, 119.
Airy, 152.
Albuquerque, 298.
Alibert, 259.
Alexandre, 298.
Al-Mamoun, 319.
Andrea de Bono, 316.
Anville (d'), 305, 320 et suiv.
Anotau, 365.
Antinozi (Horatio), 315.
Anderson, 356.
Arago, 10 et suiv., 308.
Arlandes (d'), 105.
Arnaud (d'), 308 et suiv.
Aristote, 297.
Aubert, 379.
Aubergier, 272.
Avezac (d'), 305.

Bacon, 142, 365.
Baillet, 180, 198.
Baikie, 256, 361.
Bailey, 125.
Baker, 351.
Bakewell. 412.
Balestini, 136.
Barnini (Adalbert de), 314.
Barral, 107.
Barth, 318 et suiv.
Baudement, 404 et suiv.
Baudens, 375.
Bazin, 261.
Beaumont (Élie de), 87 et suiv.
Beake, 306.
Becquerel, 81.
Beke, 320.
Belou, 138.
Bellay (Griffon de), 358.
Peltrame. 316.
Peneden (van), 179 et suiv.
Penoit, 256.
Bernard (Claude), 143, 275, 383 et suiv.
Bernin, 299.
Berthelot, 66.
Bichat, 143.
Billharz, 186.
Bixio, 107.
Biot, 106.
Blandin, 375.
Blezy, 136.
Bocarmé, 289.
Bollærtz, 320.
Bolognesi, 315.
Bonaparte, 304.
Bond (Georges) 14, 20.
Bonelli, 255.
Bonnet, 41.
Borelli, 375, 379.
Bonderba, 356.
Bouis, 291.
Boussingault, 41, 114, 279.
Bouger, 138.
Bréguet, 252.
Breton, 132.
Brewster (sir David), 77, 265.
Brioschi (Carlo), 107.
Broca, 177.
Brodie. 285.
Brooke, 125.
Broussais, 397.
Brothers, 265.
Browne, 304.
Bruce, 302 et suiv.
Buch (Léopold de), 126.
Buchanan, 129.
Buffon, 155.
Bunsen, 179.
Burckhard. 305 et suiv.
Burnes, 275.
Burton (Richard), 316 et suiv.
Bussy, 264.

Cabral, 302.
Caillaud, 304.
Caillé, 356.

Cailletet, 75.
Capellen (van), 351.
Carett, 356.
Caron, 264.
Carpi (Bérenger de), 385.
Caselli, 255.
Cassini, 19.
Castelnau (de), 279.
Cavendish, 84.
Chacornac, 18, 22.
Chaillu (du), 354.
Chancourtois (de), 104.
Chardas, 304.
Charmeil, 366, 372 et suiv.
Chauveau, 391.
Chevreul, 171, 177.
Christopher, 366.
Cicéron, 363.
Clapperton, 356.
Clarke, 252, 258.
Cloez, 5, 42.
Coates, 416.
Cœsalpin, 386.
Coffin, 305.
Colling (Ch. et R.), 441.
Colomb (Christ.), 31, 336.
Colonieu, 356.
Combes, 231, 306.
Cooley, 351.
Cost, 152, 171, 174.
Coxwell, 107, 109.
Cruhenden, 306.
Cuclebrook (Blondel van), 308.

Davat, 240, 246.
Darwin, 127, 149, 406.
Daubrée, 3.
Daumas, 356.
Daussy, 308.
Davaine, 180, 196.
Davy (sir Humphry), 46, 136.
Debray, 64, 265.
Decken (de), 318.
Delamanoue, 231.
Delamarche, 132.
Delegorgue, 356.
Denham, 340, 356.
Desborough-Cooley, 318 et suiv.
Descartes, 386.
Desgranges, 378.
Devaux, 356.
Deville (H. Sainte-Claire), 59, 263 et suiv.
Deville (Ch. Sainte-Claire), 76.
Dillon, 306.
Diogène, 300.
Dollfus-Ausset, 122.
Dubosq, 255.
Ducamp (Maxime), 300.
Duhamel du Monceau, 364 et suiv.
Dumas, 172, 237, 245 250.
Dunlop, 22.
Duveryrger, 356.
Duvoir, 236, 246

Edristi, 29.
Ehrardt, 321.
Ehrenberg, 134, 137.
Eratosthène, 299.
Eudoxe, 355.
Evhémère, 355.
Eyries, 349.

Faidherbe, 356.
Falkand, 120.
Faraday, 252.
Faye, 21.
Ferret, 306.
Filippi (de), 180.
Fizeau, 255.
Flandin, 287.
Flourens, 143, 152, 366 et suiv.
Fonvielle (W. de), 122.
Forbes, 118.
Fortassin, 199.
Foucault, 56, 259.
Franklin, 29, 136, 251.
Fraunhofer, 78.
Fremy, 81, 171.
Friedrich, 204.
Froment, 250.

Galien, 385.
Galimer, 306.
Galton, 322, 356.
Gavarret, 177.
Gay-Lussac, 106, 155.
Gervais, 180, 198.
Gessner, 138.
Girard, 297.
Gladstone, 77, 78.
Glaisher, 107, 114.
Gobat, 306.
Graham (Th.), 58 et suiv., 290.
Grandeau (L.), 291.
Grant, 255 et suiv.
Gratiolet, 42.
Grey (George), 325 et suiv.
Grove, 68.
Grouville (Th.), 227, 234.
Guérard, 287,
Guillain, 306 et suiv.

Hadleg, 29.
Haller, 142, 365.
Hallez, 10, 29, 31.
Hamelincourt (d'), 244.
Hamilton, 306.
Hampden, 363.
Harnier (de), 314.
Harris, 306.
Hartmann, 314.
Harvey, 386.
Hay, 305.
Heine, 373.
Herbst, 204.

Helmholtz, 56.
Hérodote, 297, 301.
Herschell (John), 10, 16, 52.
Herschell (William), 7, 9.
Henglin (de), 352.
Hind, 22.
Hirn, 46, 50.
Hornemann, 304.
Hoskins, 306.
Houghton, 356.
Houzeau (A.), 76 et suiv.
Hugues, 255.
Huguier, 377.
Humbert, 198.
Humboldt, 15, 115, 127, 136, 260, 355 et suiv.
Hunter, 410.
Huygens, 19.

Ingen-Housz, 41.

Janssen (J.), 76 et suiv.
Jehenne, 306.
Jérôme (le Père), 305.
Joao dos Santos, 321.
Johnston, 306.
Joly, 152 et suiv.
Jomard, 304 et suiv.
Joule, 46, 51.

Képler, 57.
Kersten, 319.
Kery, 305.
Kirschhoff, 79.
Kirscher, 314.
Kœning, 305.
Kovalewski, 305.
Knoblecher (don Ignace), 308 et suiv.
Krapf (Lewis), 317 et suiv.
Kuchenmeister, 179, 197.

Laboulaye Ch. (avert).
Lacaille, 22.
Lafosse, 180, 198.
Laing, 356.
Lamé (Emile), 29.
Lamiral, 138.
Lapparent, 228.
Laplace, 25.
La Pommeraye, 291 et suiv.
Lapis, 316, 320 et suiv.
Lassell, 20.
Lauder (John et Richard), 356.
Laussedat, 5.
Lauture (d'Escayrac de), 314.
Lavoisier, 27, 62, 63, 240, 386.
Larghi (Bernardin), 372, 373.
Laugenbeck, 376 et suiv.
Leake, 305.
Leblanc, 226, 246.
Lefebvre, 305.
Lefebore Sainte-Marie, 410.
Lefort (J.), 291.
Le Gallois, 145.
Lejean, 306 et suiv.
Lelewell, 319.
Lenoir, 254.
Lemaire, 152, 158.
Lespès (Ch.), 205.
Leuckart, 180, 198, 204.
Le Verrier, 22.
Liais, 104.
Liapounov, 20.
Liebig, 164.
Light, 305.
Lind, 251.
Linné, 126.
Linaut, 304 et suiv.
Lissajous, 254.
Livingstone, 316, 363.
Lhuys (Drouin de), 130.
Longet, 145.
Lucain, 296, 300.
Lucrèce, 148.

Mage, 356.
Magellan, 11.
Magendie, 145.
Malgaigne, 372, 373.
Mangin, 125.
Manoel Godinho, 321.
Mantegazza, 160.
Magyar (Ladislas), 356.
Maisonneuve, 375.
Molderen (van), 259.
Malte-Brun, 299.
Malzac (de), 314.
Mangon, 251.
Marey, 382 et suiv.
Margollé, 125.
Marignac, 81.
Marin, 301.
Marius (Simon), 7, 8.
Marmy, 379.
Martin (Henri), 217.
Martins, 110, 38.
Marum (van), 81.
Mathey, 65.
Maupertuis, 142.
Maury, 35, 125, 157.
Masson, 167, 252.
Mayer d'Heilbroon, 45, 50, 52, 56, 57, 58.
Mayow (Jean), 386.
M'Clintok, 155.
Medici, 365, 366.
Mela, 299
Melloni, 35, 36, 242.
Menier, 295.
Meroë, 302.
Miani, 316.
Michelet, 139.
Middeldorff, 205.
Milbank, 409.

Milne Edwards, 135, 152, 177.
Mitscherlich, 55.
Mohammed-Ali, 305.
Moigno (l'abbé), 29, 117.
Mollien, 356.
Moncel (du), 252, 2 4.
Mongo-Park, 356.
Montaigne, 142.
Monteiro, 321.
Montgolfier, 105.
Moquin-Tandon, 141.
Moreau, 372.
Moreau (Gustave), 315.
Morin (Ernest), 217.
Morin (le général), 227, 237, 240, 249.
Morse, 266.
Mosgan (don Bartolomeo), 312.
Mühry, 114, 134.
Munziger (Werner), 306.
Murchinson (sir Roderich), 335, 296.
Musset, 152, 158, 171.

Napoléon, 344.
Needham, 152.
Nélaton, 375.
Néron, 298.
Neumann, 251.
Nicandre, 271.
Norden, 303.
Nordmann, 186.
Northumberland (duc de), 409.

Obin, 239.
Ollier, 368, 375 et suiv.
Omar, 29 .
Ormsby, 320.
Oswell, 356.
Othello, 298.
Oudry, 255.
Owen, 203.
Owerweg, 356.

Paez (le Père), 305.
Parck, 371.
Pasteur, 49, 152, 158, 169.
Payerne, 138.
Paw (de), 195.
Pearce, 305.
Peltier, 112.
Peney (Alfred), 308 et suiv.
Perraud, 356.
Pereire (Isaac), 225.
Perrot, 254.
Peterman, 313.
Petit, 306.
Petherick, 308, 315.
Pitt, 363.
Pixii, 258.
Pline, 137, 301.
Plutarque, 146.
Pouchet, 152, 157, 168, 175, 314.
Poucet (Ambroise et Jules), 315.
Pouillet, 52, 53, 112.
Priestley, 41, 42, 387.
Ptolémée, 300.

Quételet, 105.

Rabelais, 319.
Raffenel, 356.
Ramsden, 252.
Rebmann, 302, 317 et suiv.
Reclus (Elisée), 208, 3 2.
Redi, 153.
Reitop, 211.
Regnault, 21, 46, 71.
Renan, 314.
Rendu, 118.
Reynaud, 120, 259.
Ripon, 344.
Rianx, 142.
Richardson, 356.
Ritter, 305, 353.
Rhumkorff, 250, 252.
Rive (de la), 81, 253.
Roberston, 106.
Rochet d'Héricourt, 306.
Rollet (Brun), 308 et suiv.
Rondelet, 138.
Roulin, 279.
Roussin, 291, 294.
Rosier (Pilâtre de), 105.
Ross, 14 et suiv.
Roscher, 316 et suiv.
Roscoe, 266.
Rumfort, 48.
Ruppel, 305.
Russegger, 314.
Russel, 305.

Sâ de Bandeira, 321.
Sabatier, 310.
Sadi Carnot, 45.
Saint-Edme, 250, 252.
Saint-Mesmin (Menu de), 104.
Saint-Martin (Vivien de), 314.
Saint-Quintin (sir William), 409.
Salt, 305.
Sanson, 141, 145, 405.
Santa (de Pietra), 86.
Saron (de), 63.
Saussure (Théodore de), 41, 42, 99, 110.
Schiller, 137.
Schleiden, 134.
Schéele, 387.
Schœnbein, 81, 83, 84.
Schrœder, 152, 157.
Schultze, 152.
Schubert, 352.
Schwann, 152.
Sédillot, 375 et suiv.
Séguin, 45, 240.

Sennebier, 41, 42.
Selim, 310.
Sénèque, 300.
Serrin, 255.
Serval, 358.
Servet (Michel), 385.
Shakespeare, 301, 363.
Siebold (van), 179, 191, 198, 205.
Smelt, 303.
Sonnini, 350.
Snowden, 410.
Spallanzani, 152, 169.
Speke, 296 et suiv.
Slaite, 255.
Stas, 269, 289.
Stella, 314.
Steenstrupp, 138, 179, 191.
Stephenson, 363.
Steudner, 352.
Strabon, 355.
Struve, 20.
Swammerdam, 191.
Symme, 372, 373.
Sykes, 320.

Tamisier, 306.
Tardieu, 291, 994.
Textor, 372, 373.
Théocrite, 299.
Thibaut, 309 et suiv.
Thornton, 319.
Thureim (de), 306.
Touchart, 358.
Trélat, 227, 236, 241.
Trémaux, 301.
Tresca (VII avert).
Tripier, 232, 241.
Troost, 73, 75.
Troja, 365, 366.
Turner, 320.
Tyndall (John), 29, 35, 46, 48, 52, 110, 117.

Ulivi, 311.

Van Helmont, 152.
Vasco, 302.
Vaudey, 313.
Vayssière (de), 314.
Velpeau, 373 et suiv.
Verdet, 29, 46, 52.
Verrazano (Gérôme), 320.
Verrazano (Jean), 320.
Vèsale, 385.
Vignaud, 306.
Vignes (Ed.), 127.
Villermé, 240.
Vinco (don Angelo), 211.
Vivien de Saint-Martin, 299.
Vogt, 356.
Volnay, 350.
Volta, 251.
Voltaire, 89, 148, 226.

Watt, 363.
Watterton, 283.
Wagner, 365, 366.
Wallish, 135, 137.
Weber, 388.
Weddell, 279.
Weckerlin, 409.
Welsh, 107.
Werner, 90, 92.
Werne, 301, 310.
White, 371.
Wiesenthal, 186.
Wilberforce, 363.
Williamson, 81.
Wirchow, 180, 204.
Wöhler, 5.
Wolf, 21, 231.
Wollaston, 2.
Wolowski, 247.

Youg Arthur, 411.

Zeucher, 204.
Zurcher, 36, 123, 134.

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

XXIX
f 20